



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia Automotiva**

**PROJETO CONCEITUAL DE UM VEÍCULO PARA
TODO TERRENO**

**Autor: Pedro Henrique Dalvi
Orientador: Mateus Rodrigues Miranda
Coorientador: Henrique Gomes de Moura**

**Brasília, DF
2015**



PEDRO HENRIQUE DALVI

PROJETO CONCEITUAL DE UM VEÍCULO PARA TODO TERRENO

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Automotiva da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva.

Orientador: Prof. Dr. Mateus Rodrigues Miranda

Coorientador: Prof. Dr. Henrique Gomes de Moura

**Brasília, DF
2015**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Dalvi, Pedro Henrique.

Projeto conceitual de um veículo para todo terreno
/ Pedro Henrique Dalvi. Brasília: UnB, 2015. 103 p. : il. ;
29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2013. Orientação: Mateus
Rodrigues Miranda.

1. Projeto. 2. Conceito. 3. Veículo
I. Miranda, Mateus Rodrigues. II. Prof. Dr..

CDU Classificação



PROJETO CONCEITUAL DE UM VEÍCULO PARA TODO TERRENO

Pedro Henrique Dalvi

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 10/12/2015 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. Dr. Mateus Rodrigues Miranda, UnB/ FGA
Orientador

Prof. Dr. Henrique Gomes de Moura, UnB/ FGA
Coorientador

Prof. Me. Eneida Gonzalez Valdes, UnB/ FGA
Membro Convidado

Prof. Me Saleh Barbosa Kalil, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2015

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais, que sempre me apoiaram para a concretização da minha formatura.

À minha namorada Ana Carolina, pelo amor, companheirismo e presença diária sempre me incentivando nos momentos em que mais precisei.

Ao meu orientador Mateus Rodrigues Miranda e coorientador Henrique Gomes de Moura, pela paciência, atenção e por todos os ensinamentos que me propiciaram na graduação, e nas reuniões do TCC. Obrigado pela oportunidade desafiadora de unir minhas duas paixões, o design e a engenharia.

Aos professores Saleh, Lucival, Edgar, Cueva, e tantos outros pelo prazer de compartilhar aprendizados com vocês.

Aos meus amigos Guilherme Pacheco, André Nepomuceno, Paulo Fillipe e muitos outros que me apoiaram, e me acompanharam durante esta árdua e proveitosa jornada.

“E aqueles que foram vistos dançando
foram julgados insanos por aqueles
que não podiam escutar a música.”

Friedrich Nietzsche

RESUMO

Para o desenvolvimento de novos produtos, o projetista utiliza de informações tais como necessidades do consumidor, mercado existente, observações sobre o meio e demais produtos similares, bem como pesquisas aplicadas para a concretização de uma ideia ou conceito. Dentro desse cenário altamente abrangente também se encaixam requisitos técnicos indispensáveis para a implementação das soluções de engenharia, adotadas para promover as funcionalidades desse novo produto. Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo desenvolver um projeto conceito de um veículo todo terreno (conhecido pela sigla inglesa ATV – *All terrain vehicle*), monoposto, destinado ao uso especializado, que possua, como diferencial, uma suspensão e cambagem que atuem tanto de forma passiva quanto de forma ativa, comandada manualmente, promovendo um melhor controle e sensação de integração com o veículo por parte do piloto. Para elaboração, análise e gestão de projetos serão utilizadas ferramentas para identificar as principais necessidades, os requisitos técnicos, sistemas e subsistemas incorporados à solução, bem como novos dispositivos que se façam necessários ao veículo. Espera-se, portanto, como resultado final desse trabalho a definição das etapas iniciais de um projeto conceitual veicular que compreenda a caracterização e proposições técnicas suficientes para etapas futuras de prototipagem física, testes e validação.

Palavras-chave: Projeto. Conceito. Todo terreno. Veículo.

ABSTRACT

For the development of new products, the designer uses information such as user needs, existing market, observations of the means and other similar products, as well as applied research for the realization of an idea or concept. Within this highly embracing scenario also fit technical requirements for the implementation of engineering solutions adopted to promote the features of this new product. This course conclusion work aims to develop a project concept of an all terrain vehicle (ATV known by the English acronym), single seat, for the specialized use, that has, as a differential, suspension and camber acting both passively and actively, commanded manually, promoting better control and a feeling of integration with the vehicle by the driver. Tools for preparation, analysis and project management will be used to identify key needs, technical requirements, systems and subsystems incorporated into the solution as well as new devices that may be needed to the vehicle. It is expected therefore, as final result of this work to define the early stages of a conceptual design vehicle that comprises the characterization and sufficient technical proposals for future stages of physical prototyping, testing and validation.

Keywords: Project. Concept. All Terrain. Vehicle.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Eixo de coordenadas e os momentos possíveis em cada direção.....	19
Figura 2. Exemplo de suspensão mola e amortecedor (montagem tradicional).....	20
Figura 3. Camber de uma suspensão vista de frente.....	21
Figura 4. Exemplo de simulação no software Catia V5.....	24
Figura 5. Três etapas básicas: pré-concepção, concepção e pós-concepção.....	26
Figura 6. Desdobramentos mínimos obrigatórios.....	27
Figura 7. Espaço para os desdobramentos auxiliares.....	28
Figura 8. DMAIC.....	29
Figura 9. Estrutura da matriz QFD.....	31
Figura 10. Modelo impresso por prototipagem rápida.....	32
Figura 11. ATV utilitário GRIZZLY 700 SE.....	33
Figura 12. ATV esportivo YFM 700R.....	33
Figura 13. Honda ATC90.....	36
Figura 14. Honda ATC200E Big Red.....	37
Figura 15. Suzuki QuadRunner LT125.....	38
Figura 16. Suzuki LT250R QuadRacer.....	38
Figura 17. Honda FourTrax TRX350 4x4.....	39
Figura 18. Quadski.....	41
Figura 19. Honda TRX 420 Fourtrax.....	42
Figura 20. Yamaha YFM 700R.....	43
Figura 21. Polaris Sportsman 570 EFI.....	44
Figura 22. Can-am Renegade X xc.....	45
Figura 23. Disposição das metodologias do projeto.....	47
Figura 24. Vista lateral da alternativa selecionada (Cricket).....	71
Figura 25. Vista lateral do Cricket posição esportiva.....	71
Figura 26. Vista frontal do Cricket posição esportiva.....	72
Figura 27. Vista traseira do Cricket posição esportiva.....	72
Figura 28. Vista superior do Cricket posição esportiva.....	73
Figura 29. Vista isométrica do Cricket posição esportiva.....	73
Figura 30. Vista lateral do Cricket posição de passeio.....	74
Figura 31. Representação gráfica de 90% da população. (Fonte: Ergonomics Data & Mounting Heights).....	77
Figura 32. Veículo com o piloto percentil 95 masculino posição esportiva.....	78
Figura 33. Visão binocular (com visão periférica) do piloto percentil 95 masculino posição esportiva.....	78
Figura 34. Veículo com o piloto percentil 95 masculino posição de passeio.....	79
Figura 35. Visão binocular (com visão periférica) do piloto percentil 95 masculino posição de passeio.....	79
Figura 36. Veículo com o piloto percentil 5 feminino posição esportiva.....	80
Figura 37. Visão binocular (com visão periférica) do piloto percentil 5 feminino posição esportiva.....	80
Figura 38. Veículo com o piloto percentil 5 feminino posição de passeio.....	81
Figura 39. Visão binocular (com visão periférica) do piloto percentil 5 feminino posição de passeio.....	81
Figura 40. Bolha de alcance do piloto percentil 95 masculino esportivo (vista lateral).....	82
Figura 41. Bolha de alcance do piloto percentil 95 masculino esportivo (vista isométrica).....	82

Figura 42. Bolha de alcance do piloto percentil 95 masculino de passeio (vista lateral).....	83
Figura 43. Bolha de alcance do piloto percentil 95 masculino de passeio (vista isométrica).....	83
Figura 44. Bolha de alcance do piloto percentil 5 feminino posição esportiva (vista lateral).....	84
Figura 45. Bolha de alcance do piloto percentil 5 feminino posição esportiva (vista isométrica).....	84
Figura 46. Bolha de alcance do piloto percentil 5 feminino posição de passeio (vista lateral).....	85
Figura 47. Bolha de alcance do piloto percentil 5 feminino posição de passeio (vista isométrica).....	85
Figura 48. Análise de RULA do piloto percentil 95 masculino posição esportiva...	87
Figura 49. Análise de RULA do piloto percentil 95 masculino posição de passeio.....	88
Figura 50. Análise de RULA do piloto percentil 5 feminino posição esportiva.....	89
Figura 51. Análise de RULA do piloto percentil 5 feminino posição esportiva.....	89
Figura 52. Vista lateral do ATV convencional.....	90
Figura 53. Vista isométrica do ATV convencional.....	91
Figura 54. Vista lateral do ATV convencional com o piloto percentil 95 masculino.....	91
Figura 55. Análise de RULA do piloto percentil 95 masculino no ATV convencional.....	91
Figura 56. Vista lateral do ATV convencional com o piloto percentil 5 feminino.....	92
Figura 57. Análise de RULA do piloto percentil 5 feminino no ATV convencional..	92
Figura 58. Análise de CLEARANCE do piloto percentil 95 masculino (vista isométrica).....	94
Figura 59. Análise de CLEARANCE do piloto percentil 95 masculino (vista frontal).....	94
Figura 60. Análise de CLEARANCE do piloto percentil 5 feminino (vista isométrica).....	95
Figura 61. Análise de CLEARANCE do piloto percentil 5 feminino (vista frontal)...	95
Figura 62. Componentes de uma suspensão a ar.....	96
Figura 63. Sistema de transmissão.....	97
Figura 64. Compressor de ar VIAIR 480C – 200psi.....	98
Figura 65. Cilindro de alumínio anodizado 18,93 litros.....	98
Figura 66. Motor elétrico CC.....	100
Figura 67. Package.....	102
Figura 68. Impressão da roda.....	103
Figura 69. Impressão da carenagem em pé.....	104
Figura 70. Impressão da carenagem deitada.....	104
Figura 71. Impressão dos braços da suspensão e bandeja.....	105
Figura 72. Impressão dos cilindros pneumáticos, manche, pedal, bandeja e carenagem da susp.....	105
Figura 73. Modelo impresso – vista lateral.....	106
Figura 74. Modelo impresso – vista isométrica.....	106
Figura 75. Modelo impresso com os cilindros – vista lateral.....	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Análise comparativa dos veículos similares.....	46
Quadro 2. Matriz de planejamento da qualidade requerida.....	54
Quadro 3. Matriz de planejamento da qualidade requerida.....	54
Quadro 4. Planejamento da qualidade desejada, classificados por prioridade..	55
Quadro 5. Priorização dos requisitos de projeto; parte central da matriz QFD...	58
Quadro 6. Relação entre requisitos de projeto.....	59
Quadro 7. Ordem dos requisitos de projeto por prioridade.....	60
Quadro 8. Cronograma.....	62
Quadro 9. Significado dos resultados em uma análise de RULA.....	86
Quadro 10. Associação da cor à pontuação de cada item.....	86
Quadro 11. Comparativo ergonômico entre o Cricket e o ATV convencional.....	93

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1. Necessidades do usuário.....	48
Tabela 2. Conversão das necessidades do usuário em requisitos do usuário..	53
Tabela 3. Conversão dos requisitos do usuário em requisitos de projeto.....	56
Painel 1. Biônica: guepardo e tartaruga.....	64
Painel 2. Biônica: louva deus e grilo.....	65
Desenho 1. Alternativa 1.....	67
Desenho 2. Alternativa 2.....	68
Desenho 3. Alternativa 3.....	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 APRESENTAÇÃO	15
1.2 PROBLEMA	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 OBJETIVOS	16
1.4.1 Objetivo geral	16
1.4.2 Objetivos específicos	16
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 DESIGN	17
2.2 DESIGN INDUSTRIAL	17
2.2.1 Projeto conceitual	17
2.3 ENGENHARIA AUTOMOTIVA	18
2.3.1 Dinâmica veicular	18
2.3.2 Suspensão	20
2.3.3 Direção	22
2.4 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS APLICADAS AO PROJETO	24
2.5 MÉTODOS PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS	25
3 METODOLOGIA	25
3.1 MD3E - MÉTODO DE DESDOBRAMENTO EM 3 ETAPAS	26
3.2 DMAIC	29
3.2.1 QFD	30
3.3 CAD/CAAE	31
3.4 PROTOTIPAGEM RÁPIDA	31
4 CONTEXTUALIZAÇÃO	32
4.1 NOMENCLATURA E TIPOS DE VEÍCULOS TODO TERRENO	32
4.2 NORMAS APLICADAS AOS QUADRICICLOS NO BRASIL	34
4.3 PÚBLICO-ALVO	35
4.4 COMÉRCIO DE VEÍCULOS TODO TERRENO NO BRASIL	35
4.5 ANÁLISE DIACRÔNICA	35
4.6 AMBIENTE FORA-DE-ESTRADA	41
5 ANÁLISE DE VEÍCULOS SIMILARES	42
5.1 INTRODUÇÃO	42
5.2 HONDA TRX 420 FOURTRAX	42
5.3 YAMAHA YFM 700R	43
5.4 POLARIS SPORTSMAN 570 EFI	44
5.5 CAN-AM RENEGADE X XC	45
5.6 COMPARATIVO	46
6 NECESSIDADES E REQUISITOS	47
6.1 DISPOSIÇÃO DAS METODOLOGIAS DE PROJETO	47
6.2 DEFINIÇÃO DO PROJETO (DMAIC)	47
6.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO	49
6.4 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS DO USUÁRIO	53
6.5 PLANEJAMENTO DA QUALIDADE REQUERIDA	53

6.6	LEVANTAMENTO DE REQUISITOS DE PROJETO.....	55
6.7	MATRIZ QFD.....	57
6.8	RELAÇÃO ENTRE REQUISITOS DE PROJETO.....	59
7	ELABORAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL.....	60
7.1	PRÉ-CONCEPÇÃO.....	61
7.1.1	Planejamento do projeto	61
7.1.2	Análise do problema.....	63
7.1.3	Atributos do produto	63
7.2	CONCEPÇÃO	63
7.2.1	Caminhos criativos	64
7.2.2	Geração de alternativas	67
7.2.3	Seleção e adequação.....	70
8	RESULTADO DA CONCEPÇÃO DO PROJETO	70
8.1	SELEÇÃO DA ALTERNATIVA.....	70
8.2	CONSTRUÇÃO DO MODELO CAD.....	71
8.3	DESENHOS TÉCNICOS.....	74
9	ANÁLISE DE ERGONOMIA	77
9.1	MANEQUINS UTILIZADOS.....	77
9.1.1	Manequim masculino percentil 95	78
9.1.2	Manequim feminino percentil 5	80
9.2	BOLHA DE ALCANCE DA MÃO.....	81
9.2.1	Bolha de alcance manequim masculino percentil 95	82
9.2.2	Bolha de alcance manequim feminino percentil 5	84
9.3	ANÁLISE DE RULA.....	86
9.3.1	Análise RULA manequim masculino percentil 95	87
9.3.2	Análise RULA manequim feminino percentil 5	88
9.3.3	Análise de um ATV convencional	90
9.4	ANÁLISE COMPARATIVA DO CRICKET COM O ATV CONVENCIONAL....	93
9.5	ANÁLISE DE <i>CLEARANCE</i> DA CABEÇA.....	93
10	FUNCIONAMENTO DA SUSPENSÃO.....	96
11	FUNCIONAMENTO DA TRANSMISSÃO.....	97
12	ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA.....	97
12.1	SUSPENSÃO PNEUMÁTICA.....	97
12.2	MOTOR ELÉTRICO AUTOMOTIVO.....	99
12.3	BATERIAS ELÉTRICAS.....	99
12.4	POSSÍVEIS MATERIAIS DE FABRICAÇÃO DA CARROCERIA MONOBLOCO.....	101
13	CONSTRUÇÃO DO MODELO FÍSICO.....	102
14	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	108
	APÊNDICE.....	111
	ANEXOS.....	120

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso apresenta as etapas iniciais de um projeto conceitual de um veículo todo terreno. Estes tipos de veículos são encontrados no mercado como ATV (*All Terrain Vehicle*, veículo todo terreno) e se diferenciam deste trabalho por apresentarem condições usuais de operação, com um piloto montado em um assento controlando o guidão que esterça lateralmente para direcionar o veículo. São abordados itens como: etapas para a elaboração de um projeto, modelagem 3D, análises e prototipagem.

1.1. APRESENTAÇÃO

Projeto conceitual de um veículo todo terreno, monoposto, de quatro rodas, destinado ao uso especializado como serviços militares.

1.2. PROBLEMA

Os veículos todo terreno existentes possibilitam uma interação e controle limitados do piloto com a máquina, resultando em uma experiência passiva da dinâmica veicular e do trabalho da suspensão em, por exemplo, um circuito acidentado onde o deslocamento do centro de gravidade, o curso da suspensão e a cambagem das rodas do veículo ao passar por um desnível são, de certa forma, inerentes ao piloto.

1.3. JUSTIFICATIVA

O mercado atual de veículos todo terreno carecem de propostas diferentes de condução e interação, mantendo-se em uma pequena margem confortável de características e tecnologias semelhantes.

Neste contexto, justifica-se a proposição conceitual de um veículo que ultrapasse a margem existente de características semelhantes de projeto da categoria, atendendo também aspectos ergonômicos, técnicos e de design.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo geral

Projetar um veículo todo terreno a nível conceitual que possibilite mais conectividade com o piloto, possibilitando um maior controle dos sistemas do veículo, utilizando suspensões ativas e independentes nas quatro rodas para vencer de forma mais eficiente e prazerosa os desafios submetidos à categoria.

1.4.2 Objetivos específicos

Os objetivos do trabalho estão divididos em dois módulos, o primeiro módulo para o TCC1 e o segundo para o TCC2.

Módulo I

- Definir a metodologia de realização do projeto
- Contextualizar o veículo todo terreno e seu ambiente de atuação
- Elencar as necessidades e requisitos do projeto
- Análise de projetos conceituais
- Análise de viabilidade
- Seleção de equipamentos e materiais
- Gerar as alternativas de conceitos

Módulo II

- Definir o conceito a ser desenvolvido
- Prototipagem virtual (CAD 3D)
- Análises ergonômicas
- Análise de viabilidade técnica
- Prototipagem rápida

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

No módulo I é feita uma introdução da proposta a ser desenvolvida, embasada em um referencial teórico, para que seja realizada a contextualização do projeto. Após a definição do método a ser utilizado para elaboração do trabalho, é estabelecido um comparativo entre modelos similares à proposta, a fim de levantar as necessidades e requisitos a serem trabalhados para o início das etapas de pré-concepção e concepção do projeto conceitual.

Através do resultado da concepção da proposta, no módulo II, é escolhida a alternativa final para a execução da modelagem 3D. Neste módulo, também é

realizado análises tecnológicas, ergonômicas e estruturais do modelo, sendo finalizado com a geração de um protótipo em escala reduzida.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DESIGN

O significado do termo design, através de sua origem do latim, “*designiu*”, é intento, intenção, plano, projeto, propósito e pode ser definido como a concepção de um projeto, um planejamento ou o projeto de um produto criativo. De acordo com Bürdek (2006) design é uma atividade relacionada a conceitos de criatividade, senso de invenção, fantasia cerebral e de inovação técnica, logo, o processo de design pode ser associado a um tipo de ato cerebral.

“Um processo criativo ele é, sem dúvida. A configuração não se dá em um ambiente vazio, onde se brinca livremente com cores, formas e matérias. Cada objeto de design é o resultado de um processo de desenvolvimento, cujo andamento é determinado por condições e decisões – e não apenas por configuração. Os desenvolvimentos socioeconômicos, tecnológicos e especialmente os culturais, mas também os fundamentos históricos e as condições de produção técnica tem papel importante, assim como os fatores ergonômicos ou ecológicos com seus interesses políticos e as exigências artístico-experimentais. Lidar com o design significa sempre refletir as condições sob as quais ele foi estabelecido e visualizá-la em seus produtos”. (BÜRDEK, 2006, p. 225)

Segundo Baxter (1998), a criatividade é o coração do design, em todos os estágios do projeto, pela inovação agregada, torna mais excitante e desafiador o trabalho do designer.

2.2 DESIGN INDUSTRIAL

2.2.1 Projeto conceitual

O projeto conceitual é a fase inicial no processo de projetar um produto. São criadas soluções para um determinado problema ou proposição. De acordo com Baxter (1998), o objetivo do projeto conceitual é tornar possível a diferenciação do novo produto, pelo consumidor, dentre os existentes no mercado através de princípios de projeto que satisfaçam suas necessidades.

Existem dois segredos simples para o sucesso do projeto conceitual. Primeiro: faça o possível para gerar o maior número possível de conceitos. Segundo: selecione o melhor deles. O projeto conceitual demanda muita criatividade. É nessa fase que as invenções são feitas. Os projetos verdadeiramente inovadores raramente "caem do céu". (BAXTER, 2000, p. 174)

2.3 ENGENHARIA AUTOMOTIVA

De acordo com Freyre (2010), engenharia é a arte de aplicar conhecimentos científicos ou empíricos à criação de estruturas a serviço do homem.

A engenharia automotiva é definida por Larica (2003), como:

“A engenharia Automotiva é a engenharia aplicada a máquinas e veículos autopropulsionados. A Indústria Automotiva, se for considerada como um complexo mundial de indústrias, é a maior usuária da Engenharia Automotiva e de todas as atividades de pesquisa, projeto e design à ela vinculadas, tais como: tecnologia dos materiais e processos de fabricação, aerodinâmica, computação gráfica, prototipagem rápida, modelagem, ergonomia aplicada à veículos etc. Os principais produtos produzidos por estas indústrias são: automóveis, caminhões, ônibus, motocicletas e um elenco de veículos especiais derivados destes.”

Os sistemas e componentes dos automóveis são projetados pela engenharia automotiva para funcionar com processos construtivos de forma integrada e otimizada, a materializar a arquitetura criada para cada veículo, tornando possível a sua produção em série.

2.3.1 Dinâmica veicular

A dinâmica veicular aborda a relação entre o veículo e o ambiente onde está se trafegando, e aos comandos realizados pelo condutor para a sua necessidade. São estudados os movimentos dos corpos que compõem um veículo, e os esforços que os originam. Os movimentos são divididos em: posições, velocidades e acelerações. Os esforços são originados por dois fenômenos: forças e momentos (BARBIERI, 2011).

A dinâmica veicular pode ser dividida em três áreas:

- **Lateral:** estuda a estabilidade e o comportamento do veículo em condições de esterçamento em baixa, ou alta velocidade. Contempla o movimento lateral (y), e as rotações em torno de z (yaw) ou guinadas do veículo. Esse movimento pode ser provocado pelas forças laterais aplicadas na carroceria, ou pela ação dos ventos (GILLESPIE, 1992) e em torno de x ($roll$) ou rolagem.
- **Vertical:** estuda os movimentos verticais (z) e as rotações em torno de x ($roll$) e y ($pitch$) ou arfagem, decorrentes das irregularidades da pista. Levando-se em consideração para essa área, a segurança e o conforto.
- **Longitudinal:** estuda os movimentos longitudinais (x) e as rotações em torno de (y), em função dos torques aplicados durante a aceleração, ou na frenagem do veículo. São considerados os desempenhos em aceleração e frenagem, e a capacidade de vencer rampas.

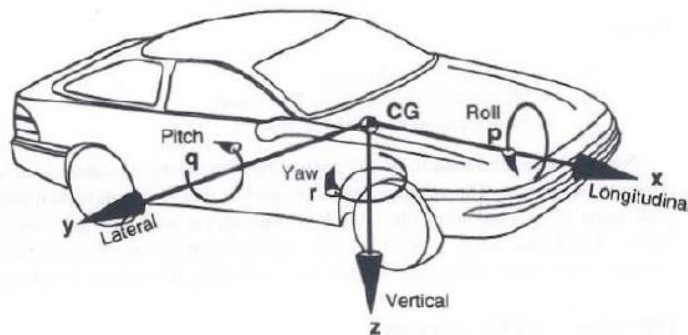


Figura 1 – Eixo de coordenadas e os momentos possíveis em cada direção. Fonte: GILLESPIE, 1992.

Outros conceitos importantes de serem definidos para o trabalho são os de massa suspensa, massa não suspensa e centro de gravidade.

A massa suspensa é definida como todas as massas que estão sobre o sistema de suspensão do veículo, isto é, toda a carroceria e seus componentes internos. A massa não suspensa é o somatório das massas de todos os componentes que estão ligados à suspensão, que não são suportados diretamente por ela, ou seja, os pneus, as rodas, os eixos, os freios e o próprio sistema de suspensão (JAZAR, 2008).

Centro de gravidade (C.G.) é um ponto geométrico e imaginário no qual é considerada a aplicação da força da gravidade e das demais forças que fazem parte do sistema dinâmico do veículo. No estudo das dinâmicas laterais e longitudinais é considerado que todas as massas estão concentradas no C.G., com propriedades inerciais adequadas. Na análise da dinâmica vertical, usualmente é necessário dividir os veículos em massa suspensa e massa não suspensa (GILLESPIE, 1992). É importante frisar que a posição do C.G. varia de veículo para veículo nas três coordenadas (x, y, z), isto é: pode estar mais próximo do eixo dianteiro, ou do eixo traseiro (direção “x”); pode estar mais próximo do lado esquerdo, ou do lado direito do veículo (direção “y”); e ainda pode estar mais próximo, ou mais afastado do solo (direção “z”). A representação do C.G. é identificada na Fig. (1).

2.3.2 Suspensão

O projeto de uma suspensão deve ser definido fundamentalmente para filtrar as acelerações verticais impostas pelas peculiaridades do terreno onde se está trafegando, resultando em uma redução das amplitudes de vibração da massa suspensa e um ganho na percepção de conforto. A suspensão deverá garantir, também, o desempenho e a segurança do veículo (PERSEGUIM, 2006). Sendo composta, de forma generalizada, por um conjunto mola e amortecedor (Fig. 2).



Figura 2 – Exemplo de suspensão – mola e amortecedor (montagem tradicional).

O sistema de suspensão pode ser classificado de acordo com a presença ou não de fontes adicionais de energia em: passivos, semi-ativos e ativos (ANDRADE, 2002):

- **Suspensão passiva:** é um sistema convencional de fontes não controladas de energia, tais como molas e amortecedores.

- **Suspensão semi-ativa:** controla o fator de amortecimento, utilizando amortecedor variável, de acordo com as necessidades e cargas que atuam sobre o sistema.
- **Suspensão ativa:** é caracterizada pela substituição dos componentes passivos por sensores e atuadores hidráulicos, pneumáticos ou elétricos.

A suspensão passiva é a mais simples de ser projetada e também a mais conveniente em relação aos custos. A sua principal desvantagem é o limite em cancelar a vibração que resulta de irregularidades na superfície do terreno.

A suspensão semi-ativa possui liberdade para variar as características de amortecimento juntamente com a estrada. Os sistemas semi-ativos podem mudar apenas o coeficiente de amortecimento viscoso do absorvedor de choque, e não adicionam energia ao sistema de suspensão. Mesmo com uma limitação na sua intervenção, por exemplo, a força de controle não pode ter sentido diferente da velocidade da suspensão, as suspensões semi-ativas são menos custosas no projeto e requerem menos energia. Sendo o tipo atuado por válvula solenoide o mais econômico e simples, em que o fluxo do meio hidráulico é alterado no interior do amortecedor, o que permite modificar as características de amortecimento da configuração da suspensão. Os solenoides são conectados ao computador de controle, que envia comandos, a depender do algoritmo de controle.

As suspensões ativas utilizam atuadores exclusivos, os quais podem exercer uma força independente na suspensão para melhorar as características de vibração vertical do corpo do veículo. As desvantagens são os elevados custos, o peso e sofisticação dos equipamentos necessários para sua operação, sendo implantadas em veículos de luxo ou conceitos. A suspensão ativa possui uma vantagem adicional em comparação com a suspensão semi-ativa, de amortecimento negativo e maior possibilidade de força que podem ser gerados a baixas velocidades.

As suspensões atuadas hidraulicamente são controladas através de servomecanismos hidráulicos. A pressão hidráulica nos servos é fornecida por uma bomba hidráulica de pistão radial de alta pressão. Os sensores do sistema de suspensão ativa monitoram de forma contínua o movimento do corpo e o nível de vibração do veículo, com atualização constante dos dados para o processador, o

qual opera os servos hidráulicos, posicionados junto a cada roda. De forma quase instantânea, a suspensão regulada pelo servo gera forças contrárias aos estados de inclinação, mergulho e “empinamento” na manobra do veículo.

A suspensão ativa recuperativa eletromagnética utiliza motores eletromagnéticos lineares, fixados independentemente em cada roda que possibilitam uma resposta extremamente rápida e permitem a regeneração de energia usando os motores como geradores. Sendo superior aos problemas dos sistemas hidráulicos com seus tempos de resposta lentos e consumo elevado de energia.

A vantagem da suspensão ativa em relação à suspensão passiva é que esta oferece compensação dinâmica e a possibilidade de aplicação de diferentes técnicas que podem ser usadas em seu projeto de controle (KALLEMULAAH, 2011).

O sistema de suspensão deve garantir um balanceamento entre os critérios de conforto e uma boa estabilidade/dirigibilidade, isto faz com que o trabalho de projetistas e engenheiros seja complexo.

Os termos *cornering* e *handling* são comumente encontrados em literaturas. Sendo que o primeiro trata das grandezas físicas e da capacidade mecânica e dinâmica do veículo, abordando os parâmetros de uma forma mais objetiva. O segundo aborda as sensações do motorista com relação ao pavimento e ao comportamento do veículo, isto é, trata da parte subjetiva do estudo (BARBIERI, 2011).

2.3.3 Direção

A característica do sistema de direção que será abordada devido à sua importância ao projeto é o ângulo de direção, *camber*. Nicolazzi (2001) define *camber*, ou cambagem, sendo a inclinação do plano da roda em relação a uma vertical que passa pelo centro da superfície de contato pneu/pista, (Fig. 3).

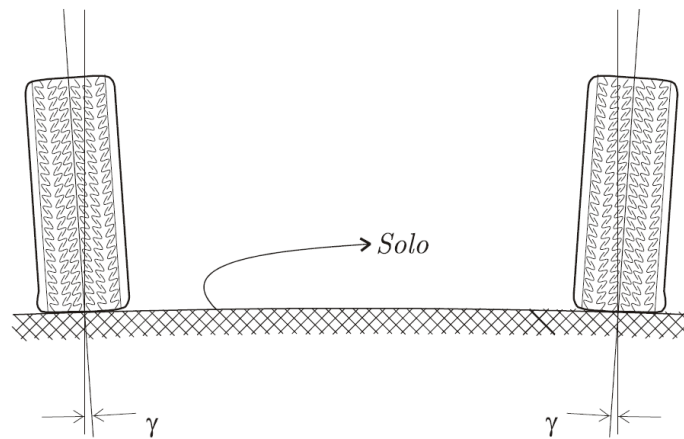


Figura 3 – Camber de uma suspensão vista de frente.

Fonte: Nicolazzi 2001.

Quando a parte superior da roda é deslocada para fora, como mostra a figura acima, o *camber* é considerado positivo. Para dentro é negativo.

A cambagem positiva das rodas dianteiras é favorável em razão da leve convexidade das pistas, pois os pneus rodam mais perpendiculares à pista, diminuindo seu desgaste. Em contrapartida, para não haver redução da capacidade de absorção de forças laterais em curvas, o *camber* deve ter o menor valor possível.

O ângulo de cambagem, medido em graus, pode aparecer de duas formas, a primeira é devido ao deslocamento da geometria, determinado pelo projeto do mecanismo da suspensão. A segunda é quando o veículo está realizando uma curva que, em virtude da aceleração lateral, decorre em uma inclinação da carroceria, ocasionando a inclinação das rodas. Quando ocorre alteração do ângulo de cambagem sem a força lateral de uma curva, é causado o que se denomina de puro escorregamento lateral (*pure lateral slip*). Deste modo, a cambagem sozinha cria um esforço lateral no pneu. Durante uma curva com aceleração lateral atuando, o *camber* pode alterar significativamente a capacidade de força lateral do pneu. Quando os pneus possuem banda circular, como em motocicletas, não existem grandes interferências, mas em pneus com banda plana, a cambagem altera a área de contato do pneu.

Assim, existem os dois parâmetros que devem ser levados em consideração para projetar o controle da cambagem, e que terão grande influência no comportamento do veículo, e no desgaste do pneu.

Para estudo do comportamento de um veículo em curvas, também é importante o ângulo de rolamento da carroceria, que está sobre molas, e as correspondentes modificações da carga e da posição das rodas. Sendo que a carga e o *camber* influem nas reações laterais dos pneus, que mantêm o veículo na pista. Pela ação da força centrífuga, atua sobre um veículo um momento que tende a incliná-lo lateralmente e que dependerá da altura do centro de gravidade.

2.4 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS APLICADAS AO PROJETO

Os *softwares* adotados pela indústria automotiva para design, projeto e manufatura, de acordo com Larica (2003), são: o Photoshop e o 3D Studio Max para sketches 2D, o Auto Studio da Alias Wavefront para sketches 2D e modelagem 3D, o AutoCAD para desenhos técnicos, o 3D Studio Max e o Vellum Solids para desenvolvimento de peças e modelagem. Para as áreas de *analysis*, *smoothing* e *package* é usado o Catia, como demonstra o exemplo da análise de tensão de Von Mises na Fig. (4) e o Ice & Surf para alisamento de superfícies. Os cálculos matemáticos relacionados ao desenvolvimento de superfícies usados na fabricação de estampos para chaparia e ferramentas de injeção de peças plásticas são feitos pelo UG da Unigraphics. Para o estudo ergonômico da cabine, o Ramsis (Human Factor Simulation) possibilita simulações que demandam os comandos e a análise de posições para os ocupantes.

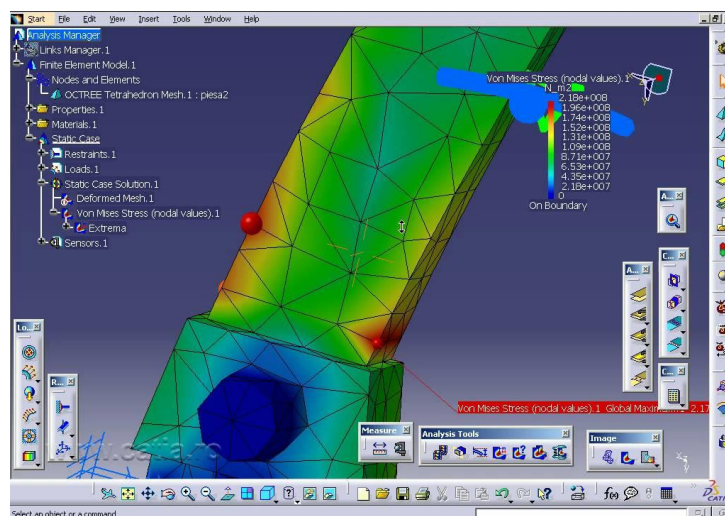


Figura 4 – Exemplo de simulação no software Catia V5.

2.5 MÉTODOS PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

A simulação de sistemas consiste na utilização de determinadas técnicas matemáticas, utilizadas em computadores, as quais permitem imitar o funcionamento de uma operação ou processo do mundo real. Alguns métodos de simulação de sistemas serão abordados de acordo com O'Connor (2001).

Softwares de realidade virtual (VR, *Virtual Reality*) podem ser usados para adicionar efeitos dinâmicos e outros recursos para os projetos, tais como a visualização de diferentes perspectivas, mostrando a montagem ou desmontagem de processos. A realidade virtual é muitas vezes usada para aplicações de estética de design e marketing, mas também pode fornecer um valioso apoio ao desenvolvimento de engenharia, por exemplo, para verificar aspectos de montagem e manutenção.

Prototipagem rápida (RP, *Rapid Prototyping*) é uma técnica para a criação de modelos espaciais de projetos usando as saídas de elaboração CAE, *Computer Aided Engineering*. Modelos RP podem ser utilizados para facilitar a realização de como os componentes e conjuntos se encaixam.

3 METODOLOGIA

Por trás de um projeto conceitual bem sucedido há diversas etapas para serem realizadas que podem ser feitas utilizando metodologias que visam orientar e organizar as etapas, sem ultrapassar e nem esquecer as fases essenciais que possibilitam transformar ideias e modelos em um produto real que traga inovação.

A metodologia tem como objetivo direcionar e planejar os caminhos pelo qual se deve percorrer. Segundo Baxter (2000), em um planejamento do produto é necessário identificar oportunidades, realizar pesquisas de marketing, fazer análises dos produtos concorrentes, qual a proposta do novo produto, elaboração das oportunidades e especificações de projeto.

3.1 MD3E - MÉTODO DE DESDOBRAMENTO EM 3 ETAPAS

Para o desenvolvimento do projeto conceitual de um veículo todo terreno será utilizada a metodologia proposta por Flávio Anthero Nunes Vianna dos Santos (2005) definida como MD3E (Método de Desdobramento em 3 Etapas) definido como método aberto. Santos diferencia que nos métodos mais conhecidos para desenvolvimento de produtos existe uma sequência determinada a seguir, com etapas e processos estabelecidos e que não pode ser alterada no decorrer do desenvolvimento do projeto, chamada por ele método fechado.

Em um método aberto a não existência de normas fixas e sequenciais, proporcionam ao projetista uma maior liberdade para ordenar as atividades que devem ser cumpridas no decorrer do projeto (Santos, 2005). Este modelo de método pode produzir resultados mais consistentes do ponto de vista projetual, melhorando a qualidade do processo e resultando em maiores chances de se obter um resultado final com qualidade superior.

Em relação à metodologia aberta MD3E, Santos, (2005, p. 5), aponta que: “[...] desta forma apresenta-se uma estrutura base sobre o qual o projeto será construído, ao invés de um modelo pronto de como o projeto será executado.”

O método é representado por uma estrutura radial, as interferências e os desdobramentos vão sendo alterados conforme a necessidade. Nessa estrutura, (Fig. 5) são apresentadas as etapas pelas quais o projeto irá passar, possibilitando alterá-las na medida em que as etapas vão sendo definidas e realizadas, sendo colocadas na estrutura radial.



Figura 5 – Três etapas básicas: pré-concepção, concepção e pós-concepção.

Fonte: Santos, (2005.p. 77)

Ao ser definido o problema principal e a necessidade humana a ser atendida com o produto, são realizados desdobramentos auxiliares, como visto na Fig. (5) para ajudar na solução do problema. Segundo Santos (2005), o projeto deve passar por 3 níveis básicos, pré-concepção, concepção e pós-concepção.

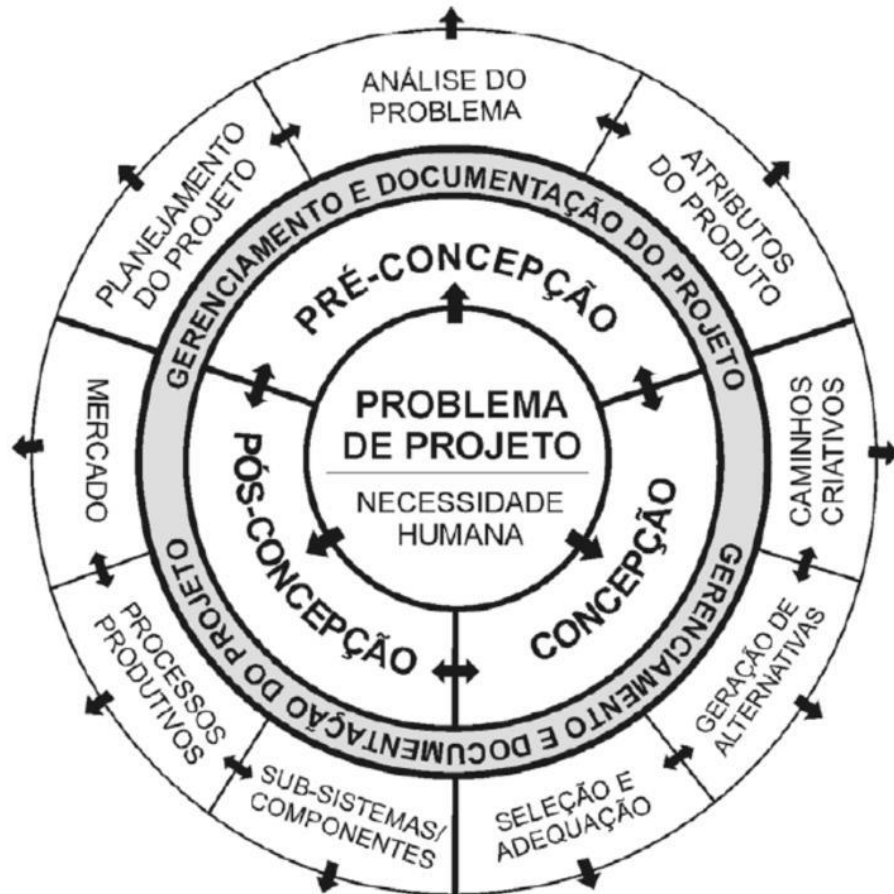


Figura 6 – Desdobramentos mínimos obrigatórios.

Fonte: Santos (2005, p. 80)

Depois dos desdobramentos obrigatórios são realizados os desdobramentos mínimos obrigatórios (Fig. 6), sendo atividades que devem ser realizadas para que cada etapa básica possa ser desenvolvida. As interferências já podem acontecer nos desdobramentos mínimos, conforme a necessidade do projeto.

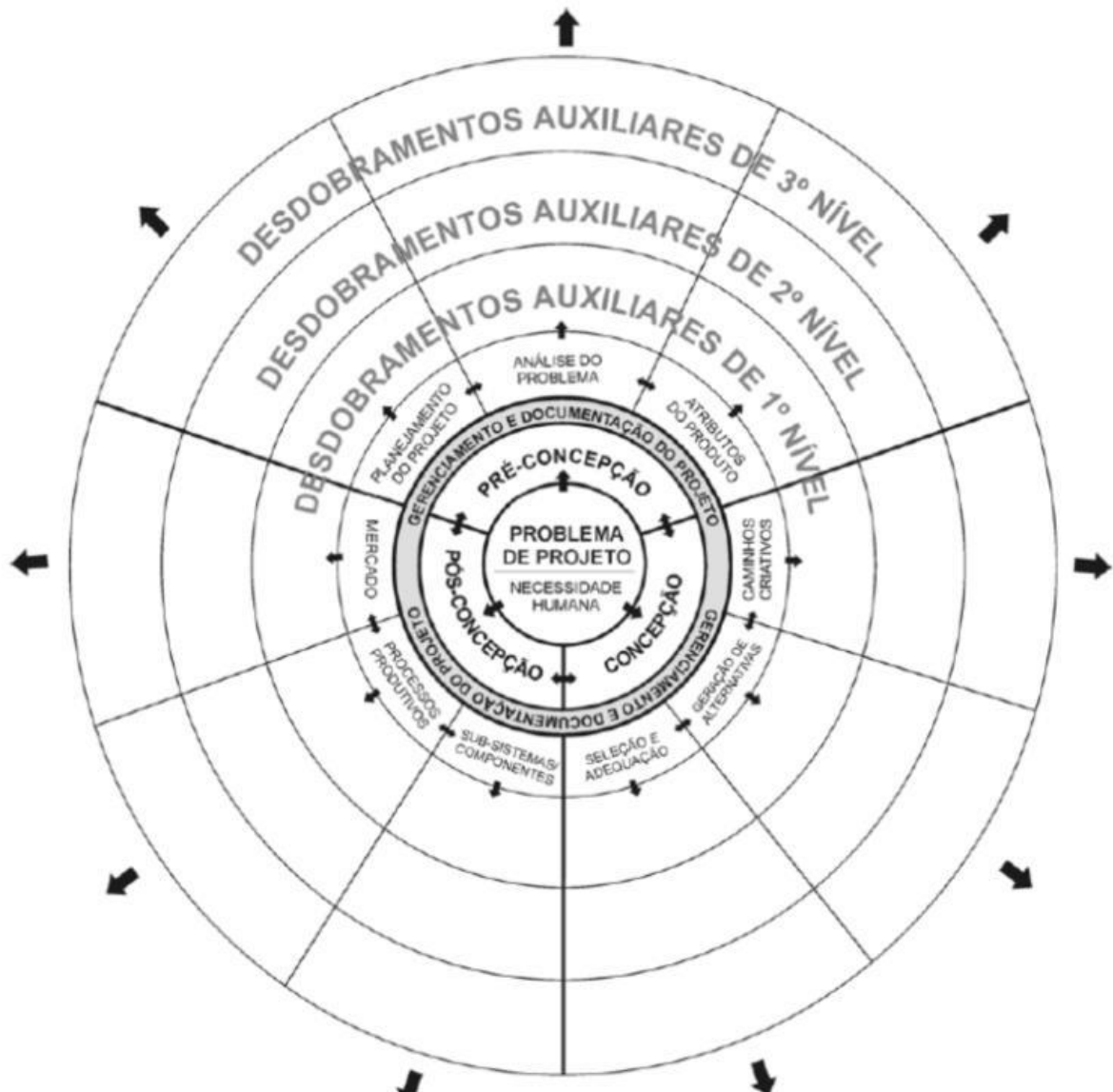


Figura 7 – Espaço para os desdobramentos auxiliares.

Fonte: Santos (2005, p. 83)

Segundo Santos (2005, p. 83) “Nos desdobramentos auxiliares serão definidos as atividades das quais os desdobramentos mínimos serão realizados e assim sucessivamente. A partir desse momento será definido o que fazer e como fazer.” A metodologia de projeto aberto permite ao profissional construir as etapas do projeto conforme as necessidades.

3.2 DMAIC

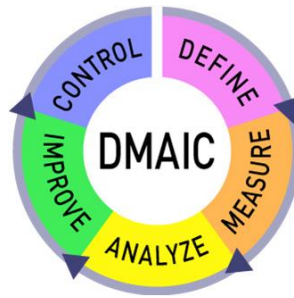


Figura 8 – DMAIC.

O DMAIC é um método de resolução de problemas dividido em cinco etapas: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar). Foi difundido inicialmente pela Motorola na década de 80 do século passado e foi intensificado pela GE (*General Electric*) dentro do Programa Seis Sigma, que formam especialistas (conhecidos como *Black* e *Green Belts*) visando atacar problemas de maneira organizada, e com apoio de ferramentas de qualidade e estatísticas mais complexas. A explicação sobre cada uma das etapas do DMAIC é dada a seguir:

- *Define* – Definir – Sendo a primeira fase do ciclo, abrange ações relacionadas à mensuração do desempenho de processos, nessa fase devem ser respondidas algumas perguntas como: Qual é o problema a ser abordado no projeto? Qual a meta a ser atingida? Quais são os clientes/consumidores afetados pelo problema? E qual é o impacto econômico do projeto?

- *Measure* – Medir – Fase na qual o problema deve ser delimitado, para isso são utilizadas as ferramentas estatísticas que medem o desempenho dos processos. Um exemplo dessas ferramentas é a estratificação, que Werkema (2004) define como a observação do problema em relação a diferentes aspectos, isso é, no grupamento dos dados de vários pontos de vista, de modo a focalizar o problema, em relação ao tempo (quando ocorre com maior frequência), ao local (aonde ocorre com maior frequência), ao tipo (tipo de embalagem, fornecedor, produto, etc). Outra ferramenta que pode ser utilizada é o Diagrama de Pareto, para que se possa analisar o impacto das várias partes do problema, podendo assim identificar o problema prioritário.

- *Analyse* – Analisar – É a fase na qual, devem-se determinar as causas fundamentais do problema, para isso são aplicadas ferramentas como o Brainstorming, que segundo Aguiar (2002) é uma técnica utilizada para a geração de ideias advindas de um grupo de pessoas, e os fluxogramas, que é um esquema que facilita a visualização de todas as etapas e características do processo.

- *Improve* – melhorar – A fase Improve é a quarta fase do método, com o objetivo de identificar as soluções potenciais para os problemas, para tal são utilizadas algumas ferramentas já utilizadas em outras fases como o Brainstorming, agora visando não mais a identificação do problema, mas sim a solução. Após a identificação das possíveis soluções devem-se priorizar as soluções potenciais, e para diminuir o risco, essa possível solução deve ser testada em pequenas escalas, uma ferramenta eficiente é a simulação.

- *Control* – Controlar – Com a hipótese dos testes em pequena escala serem satisfatórios, deve-se então implantar a melhoria, e após isso, deve-se verificar se a melhoria está trazendo os efeitos esperados para o processo, para isso utilizam-se diversos mecanismos para monitorar continuamente o desempenho do processo, exemplos desses mecanismos são as Cartas de Controle, que é um tipo de gráfico composto por uma faixa chamada de tolerância limitada pela linha superior (limite superior de controle) e uma linha inferior.

A metodologia DMAIC está direcionada para robustez e simplificação dos processos, de forma a assegurar a redução do nível de defeitos, uma maior satisfação dos clientes e da lucratividade da organização.

3.2.1 QFD

O método do desdobramento da função qualidade, QFD (*Quality Function Deployment*) foi definido por seu criador Akao, em 1992, como sendo um método elaborado para desenvolver a qualidade do projeto visando a satisfação do cliente e transformando as demandas do cliente em alvos do projeto e nos pontos principais da garantia de qualidade a serem usados durante a fase da produção.



Figura 9 – Estrutura da matriz QFD.

Campos (2001) define o QFD por abordar 3 objetivos fundamentais, dentre eles o planejamento da qualidade desejada pelos clientes, que acarreta em saber suas necessidades e traduzir essas necessidades em características mensuráveis para o processo produtivo. A estrutura da matriz QFD é representada na Fig. (9).

3.3 CAD/CAE

CAD significa *Computer Aided Design* (desenho auxiliado por computador) são programas utilizados pela engenharia, geologia, arquitetura, design e disciplinas diversas de engenharia, para facilitar o projeto e desenho técnicos.

CAE significa *Computer Aided Engineering* (engenharia auxiliada por computador) é um sistema para cálculos de engenharia em projetos elaborados via CAD. É importante registrar as vantagens de utilizar sistemas CAE, pois o tempo e o custo utilizado na realização de um projeto e seus cálculos serão menores, além do fato de qualquer alteração poder ser feita rapidamente no modelo CAD.

3.4 PROTOTIPAGEM RÁPIDA

A Impressão 3D, sendo um método de prototipagem rápida, é uma forma de tecnologia de fabricação aditiva onde um modelo tridimensional (Fig. 10) é criado por sucessivas camadas de material.

É oferecido aos desenvolvedores de produtos a habilidade de em um processo relativamente simples, imprimirem partes de alguns materiais com diferentes propriedades físicas e mecânicas. Tecnologias de impressão avançadas permitem imitar com precisão quase exata a aparência e funcionalidades dos protótipos dos produtos.



Figura 10 – Modelo impresso por prototipagem rápida.

4 CONTEXTUALIZAÇÃO

4.1 NOMENCLATURA E TIPOS DE VEÍCULOS TODO TERRENO

O termo ATV significa um veículo motorizado de porte pequeno com três ou mais rodas, projetado para uso fora de estrada, chamado no Brasil de quadriciclo, na versão de quatro rodas. A expressão fora de estrada é compreendida como atividades diversas realizadas em locais desprovidos de estrada pavimentada ou calçadas, sendo assim, um local distante dos centros urbano, de difícil acesso e sem infra-estrutura urbana. A definição de ATV pelo órgão americano ANSI (*American National Standards Institute*) é um veículo que se movimenta sobre pneus de baixa pressão, com um assento onde se instala o operador e um guidom para controle de direção destinado a um único ocupante. O condutor opera estes veículos como uma motocicleta, mas as rodas extras lhe dão mais estabilidade em baixa velocidade. Embora tipicamente sejam equipados com três ou quatro rodas, existem modelos com seis rodas para aplicações especializadas.

Os tipos de ATVs existentes, de acordo com o escopo do trabalho limitado em quadriciclos, são divididos em duas categorias, utilitários e esportivos.

O quadriciclo utilitário é um modelo voltado para trabalho e tem como principal característica muita força em baixa rotação para funcionar como um pequeno trator e realizar tarefas diversas, eles são mais fáceis de pilotar e não desenvolvem muita velocidade.



Figura 11 – ATV utilitário GRIZZLY 700 SE. Fonte: <http://www.yamaha-motor.com.br/quadriciclos/grizzly-700/a>. Acessado em 04 de junho de 2015.

Os quadriciclos esportivos são mais exigentes na pilotagem, pois desenvolvem velocidade elevada e têm mais potência em alta rotação, são ideais para a prática de enduros e ralis.



Figura 12 – ATV esportivo YFM 700R. Fonte: <http://www.yamaha-motor.com.br/quadriciclos/yfm-700r/a>. Acessado em 04 de junho de 2015.

4.2 NORMAS APLICADAS AOS QUADRICICLOS NO BRASIL

No Regulamento do Código Nacional de Trânsito (RCNT) de 1966, não eram mencionados os quadriciclos, dentre os tipos de veículos, sendo que o artigo 77 do Decreto nº 62.127/68, que estabeleceu a classificação de veículos, não os indicava pelo fato de ainda não serem fabricados no Brasil, mesmo já existindo no mercado internacional.

Em 1988, o Conselho Nacional de Trânsito, tendo em vista o início da produção brasileira deste tipo de veículo, publicou a Resolução nº 700/88, definindo que os veículos de estrutura mecânica igual às motocicletas, possuindo eixos dianteiro e traseiro, dotados de quatro rodas, para fins de registro e licenciamento, classificam-se, quanto à espécie, como veículos de passageiro, denominados quadriciclos.

O artigo 96 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), atual substituto do artigo 77 do RCNT, inclui o quadriciclo dentre os veículos classificados na espécie passageiro, considerando o aumento de usuários deste tipo de veículo, julgou-se necessário a apuração dos requisitos legais para sua condução.

Para dirigir o quadriciclo é necessário ser habilitado na categoria B, de acordo com o artigo 143 do CTB, que se destina ao “condutor de veículo motorizado, não abrangido pela categoria A, cujo peso bruto total não exceda a três mil e quinhentos quilogramas e cuja lotação não exceda a oito lugares, excluído o do motorista”.

Apesar de não haver menção no CTB sobre a obrigatoriedade do uso do capacete para ocupantes do quadriciclo, a Res. 230/2006 e 257/2007, ambas do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito), exigem que os ocupantes deste tipo de veículo usem capacetes. A desobediência é prevista como infração ao artigo 244, inciso I ou II do CTB.

Para licenciá-los e utilizá-los em rodovias públicas, os quadriciclos dependeriam da instalação de itens como luzes indicativas de direção, espelhos retrovisores, suporte de placa com iluminação, uma vez que a resolução 14 de 1998 do CONTRAN assim o determina.

4.3 PÚBLICO-ALVO

Este tipo de veículo é destinado a pessoas que buscam um maior contato com a natureza tendo como objetivo superar as dificuldades de acesso e transposição impostos pelo terreno, na forma de lama, pedras, erosões, subidas e descidas íngremes, neve ou alagamentos.

O grupo de pessoas que utilizam os quadriciclos varia desde o fazendeiro para uso do veículo para carga e deslocamentos na propriedade em que um veículo de porte maior faria com mais dificuldade, até o aventureiro para uso em trilhas e competições buscando exigindo ao máximo da versatilidade do ATV.

4.4 COMÉRCIO DE VEÍCULOS TODO TERRENO NO BRASIL

O total de modelos ATV disponíveis no mercado dobrou na última década, passando de dez para vinte. Entre as principais inovações técnicas dessa leva mais recente estão injeção eletrônica, direção elétrica e até cobertura. Os quadriciclos mais caros ultrapassam a faixa de 70 000 reais.

Segundo a revista veja SP, “cerca de 5 000 foram comercializados no Brasil em 2012 (São Paulo responde por cerca de 20% desse total, segundo estimativas de mercado). O número de vendas cresce a uma taxa de 10% ao ano.”

As marcas disponíveis no mercado brasileiro, tanto produzidas ou importadas são: Yamaha, Honda, Suzuki, Polaris, Kawasaki, Bombardier, Arctic Cat.

A capacidade dos motores que equipam os ATV vendidos atualmente no Brasil, varia de 50cc a 1000cc.

4.5 ANÁLISE DIACRÔNICA

Os ATV já eram fabricados nos Estados Unidos uma década antes de veículos de 3 e 4 rodas serem introduzidos pela Honda e outras empresas japonesas. Durante os anos 1960, numerosos fabricantes ofereciam pequenos veículos *off-road* similares, desenhados para flutuar e capazes de atravessar pântanos, lagoas e cursos d'água, bem como terra seca. Tipicamente construídos com uma "banheira" de plástico resistente ou fibra de vidro, tinham geralmente seis rodas, todas manobráveis, com pneus-balão de baixa pressurização (cerca de 3 PSI), nenhuma suspensão (além da oferecida pelos pneus) e barras de

direção deslizantes. Estes ambiciosos primeiros modelos anfíbios foram os veículos para todo terreno originais, ou ATV. Contrariamente à definição moderna do ANSI (Instituto Nacional Americano de Padrões) para ATV, eles foram planejados para vários ocupantes sentados em seu interior e eram controlados por volantes ou manches, em vez de guidões de motocicleta, como na definição em vigor hoje em dia.

Após o surgimento dos ATVs "montáveis", com três ou quatro rodas, estes mais ou menos se apropriaram do termo, deixando que a variedade flutuante 6X6 e 8X8 se tornasse conhecida como ATV Anfíbio. Marcas modernas destas máquinas incluem Argo e MAX. Embora não tão rápidas quanto os outros ATV, elas podem ser operadas com precisão em baixas velocidades, e efetivamente, possuem a capacidade de flutuar. O giro dos pneus é suficiente para impelir o veículo através da água, embora de maneira lenta. Motores de popa podem ser utilizados para incrementar o uso aquático.

Triciclos

A Honda produziu os primeiros triciclos em 1970, os quais estrearam num filme de James Bond, "*Diamonds Are Forever*". Apelidado de US90 e posteriormente, ATC90, foi planejado exclusivamente para uso recreativo. Claramente influenciado pelos primeiros ATV, apresentava grandes pneus-balão em vez de uma suspensão mecânica. No início da década de 1980, a suspensão e pneus convencionais foram introduzidos.



Figura 13 – Honda ATC90. Fonte:

<http://www.autoevolution.com/moto/honda/atc/>. Acessado em 04 de junho de 2015.

O Honda ATC200E Big Red de 1982, foi um marco. Ele apresentava tanto suspensão quanto bagageiro, tornando-o o primeiro triciclo utilitário. A capacidade de ir a lugares que a maioria dos outros veículos não podiam chegar, logo os tornou populares entre caçadores dos Estados Unidos e Canadá, e por todos os apreciadores de trilhas. Logo, outros fabricantes apresentaram seus próprios modelos.



Figura 14 – Honda ATC200E Big Red. Fonte:

<http://www.autoevolution.com/moto/honda/atc/>. Acessado em 04 de junho de 2015.

Modelos esportivos também foram desenvolvidos pela Honda, que tinha um virtual monopólio do mercado, devido a patentes eficientes de design e instalação do motor. O ATC250R de 1981 foi o primeiro triciclo de alto rendimento, apresentando suspensão completa, um motor de dois cilindros com 248 cc, uma transmissão de cinco marchas com embreagem manual e freio a disco frontal. Para a trilha esportiva, o ATC200X de 1983 foi outro modelo que marcou época. Ele possuía um motor de quatro cilindros com 192 cc, que era ideal para iniciantes no esporte.

Quadriciclos

A Suzuki foi líder no desenvolvimento de ATV de quatro rodas. Ela vendeu o primeiro quadriciclo, o QuadRunner LT125 de 1983, um veículo recreativo para principiantes.



Figura 15 – Suzuki QuadRunner LT125. Fonte:
<http://atvaction.net/features/suzuki-atvs-that-changed-the-world>. Acessado em 04 de junho de 2015.

Em 1985, a Suzuki apresentou ao mercado o primeiro quadriciclo de alto desempenho, o Suzuki LT250R QuadRacer. Esta máquina permaneceu em produção até 1992, e durante este período, passou por três grandes processos de reengenharia. Todavia, as principais características básicas foram mantidas: uma suspensão sofisticada, um motor de dois cilindros refrigerado à água e uma transmissão manual de cinco marchas nos modelos 1985 e 1986 e uma transmissão de seis marchas para os modelos de 1988 a 1992. Era uma máquina desenhada exclusivamente para corridas, nas mãos de pilotos altamente experientes.



Figura 16 – Suzuki LT250R QuadRacer. Fonte:
<http://atvaction.net/features/suzuki-atvs-that-changed-the-world>. Acessado em 04 de junho de 2015.

A Honda deu a resposta um ano depois com o FourTrax TRX250R – uma máquina que não replicada. A Kawasaki respondeu com seu Tecate-4 250. Em 1987, a Yamaha apresentou um tipo diferente de máquina de alto desempenho, a Banshee 350, que apresentava um motor de dois cilindros refrigerado à água, reaproveitado da motocicleta urbana RD350LC. Pesada e mais difícil de dirigir na terra do que as 250, a Banshee tornou-se um veículo popular entre aqueles que gostavam de pilotar sobre dunas, graças à sua grande potência. A Banshee ainda goza de grande popularidade, mas devido ao controle de emissões da EPA, 2006 foi o último ano em que pode ser vendida nos Estados Unidos. No Canadá, todavia, a Banshee 2007 ainda é comercializada com o mesmo motor paralelo de 350 cc que fez a sua fama.

Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de ATV utilitários aumentou rapidamente. O Honda FourTrax TRX350 4x4 foi apresentado ao mercado de ATV utilitários em 1986. Outros fabricantes seguiram-no rapidamente, e os 4x4 tornaram-se um dos tipos mais populares de ATV em todos os tempos. Estas máquinas são populares entre caçadores, fazendeiros, rancheiros e trabalhadores em locais de difícil acesso.



Figura 17 – Honda FourTrax TRX350 4x4. Fonte:

<http://quadriciclobrasil.com.br/honda-fourtrax-trx350-4x4-1986/>. Acessado em 04 de junho de 2015.

Problemas de segurança com ATV de três rodas fizeram com que todos os fabricantes mudassem para os modelos de quatro rodas no final da década de 1980,

sendo o fim da produção dos triciclos em 1987. Com o peso mais leve dos triciclos, tornaram-se muito populares entre alguns pilotos experientes. Fazer curvas num triciclo é mais desafiante do que em máquinas de quatro rodas, porque se inclinar na curva é muito mais importante. Os pilotos podem virar se não tiverem cuidado. A parte frontal dos triciclos obviamente tem uma única roda, tornando-a mais leve, e tombar para trás é um risco potencial, especialmente quando subindo uma duna ou colina. Tombamentos também podem ocorrer ao descer uma ladeira íngreme. As restrições legais no mercado estadunidense expiraram em 1997, permitindo que os fabricantes voltassem a fabricar modelos de três rodas. Todavia, existem poucos sendo comercializados nos dias de hoje.

Ainda hoje, os modelos continuam a ser divididos em mercados esportivo e utilitário. Os modelos esportivos são geralmente pequenos, leves, com tração em duas rodas e rápida aceleração, transmissão manual e velocidades de até 145 km/h. Os modelos utilitários são geralmente maiores, possuem tração nas quatro rodas e atingem um máximo de 104 km/h. Possuem a capacidade de arrastar pequenas cargas em reboques ou mesmo pequenos trailers. Devido aos pesos diferentes, cada tipo é mais eficiente num determinado tipo de terreno.

Modelos de seis rodas também podem apresentar pequenos reboques com um par extra de rodas na traseira para aumentar a capacidade de carga. Eles podem ter tração nas quatro rodas traseiras ou em todas as seis.

Modelos de corrida

Os modelos esportivos são construídos tendo em mente o desempenho, e não o aspecto utilitário. Para ser bem sucedido no mercado de corridas, um quadriciclo precisa ser leve, ter alta potência, boa suspensão e um centro de gravidade baixo. Estas máquinas podem ser modificadas para vários tipos de competições em diferentes tipos de terreno (pistas de *motocross*, dunas, florestas, desertos etc). Exemplos de modelos de alto desempenho incluem Yamaha YFZ450, Honda TRX450R, Suzuki QuadRacer R450, Polaris Outlaw 500, Polaris Outlaw 525, Polaris Predator 500 e a Kawasaki KFX450R. Quadriciclos desenhados para competições de velocidade incluem Yamaha Raptor 700R, Suzuki QuadSport Z400, Honda Sportrax 400EX, Bombardier DS450, Arctic Cat DVX400 e Kawasaki KFX700R.

Proposta anfíbia

Em Maio de 2006, o inventor neozelandês Alan Gibbs apresentou o Quadski, um protótipo de um quadriciclo anfíbio. Ao contrário dos primeiros ATVs, ele é montado e controlado como os quadriciclos modernos, e oferece a habilidade única de "planar" sobre a água, possibilitando atingir velocidades de barco a motor na água.



Figura 18 – Quadski. Fonte: <http://wkar.org/post/detroit-boat-show-series-quadski>. Acessado em 04 de junho de 2015.

4.6 AMBIENTE FORA-DE-ESTRADA

A utilização de veículos fora-de-estrada para o lazer é feita em práticas como trilhas em vias de terra ou lama, tendo como atrativos o contato direto com a natureza. Outro uso seria em terrenos rochosos, exigindo a capacidade de obter tração em um terreno potencialmente escorregadio, chamado de *rock crawling*.

Outra prática, frequentemente associada no Brasil ao turismo regional, é o uso em dunas e litorais.

Existe também o ambiente das competições, em que as próprias marcas de ATVs promovem para divulgarem seus produtos e aumentar o interesse do segmento. Destacam-se provas de rali (do inglês *rally*), organizadas, dentre outras formas, em provas cross-country ou de longa distância, enduro, de velocidade ou de regularidade.

5 ANÁLISE DE VEÍCULOS SIMILARES

5.1 INTRODUÇÃO

Com o objetivo de melhor compreender os veículos todo terreno (ATV) existentes no mercado atual e o modo como atendem às necessidades dos usuários, foram analisados 4 veículos. A análise foi realizada em duas categorias de ATVs, utilitário e esportivo, sendo 2 veículos de cada categoria.

5.2 HONDA TRX 420 FOURTRAX

O TRX 420 Fourtrax da Honda é um ATV utilitário, sendo um veículo ideal tanto para o lazer fora de estrada quanto para o trabalho na fazenda, no campo de mineração e na vigilância de áreas naturais.



Figura 19 – Honda TRX 420 Fourtrax.

Fonte: <http://www.honda.com.br/motos/Paginas/trx-420-fourtrax.aspx>.

Acessado em 28 de maio de 2015.

A Honda passou a produzir o modelo no Brasil desde 2008, sendo considerado mais para o trabalho. Apesar disso, apenas um terço deles acaba no campo, enquanto o restante será destinado a atividades esportivas. As especificações técnicas deste veículo estão listadas no Anexo A.

5.3 YAMAHA YFM 700R

O modelo de ATV selecionado da Yamaha se encaixa na categoria esportivo, sendo chamado de Raptor, o veículo une design, dirigibilidade e desempenho voltados a uma melhor experiência para o lazer.



Figura 20 – Yamaha YFM 700R.

Fonte: <http://www.yamaha-motor.com.br/quadriciclos/yfm-700r/a>. Acessado em 28 de maio de 2015.

Equipado com um motor de 686 cc, e injeção eletrônica, a configuração faz deste ATV o mais potente quadriciclo esportivo, com grande torque desde a marcha lenta, crescendo nas médias rotações até um grande desempenho nas altas rotações.

Possui quadro híbrido de aço e alumínio com um sub-quadro e uma balança traseira moldados em alumínio - produz uma estrutura super-reforçada e faz dele o ATV mais leve da sua categoria. A luz de freio traseira é integrada com LEDs. As especificações técnicas deste veículo estão listadas no Anexo B.

5.4 POLARIS SPORTSMAN 570 EFI

A Polaris é líder mundial no segmento de ATVs e detentora das marcas de motos Victory e Indian. A empresa norte-americana está no Brasil desde março de 2012.

Sendo um veículo utilitário para todos os terrenos com 44 cv de potência, injeção eletrônica (EFI) e duplo comando de válvulas no cabeçote com 4 válvulas por cilindro, o Sportsman 570 liga com mais facilidade e a condução é mais suave. Possui TRAÇÃO REAL 4X4 SOB DEMANDA (AWD - *All Wheel Drive*), fazendo seguir adiante, acionando automaticamente a tração 4x4 quando for preciso mais tração nas rodas dianteiras e revertendo para 4x2 em terrenos regulares. Outros ATVs usam um diferencial de deslizamento limitado, engrenando apenas três rodas.



Figura 21 – Polaris Sportsman 570 EFI.

Fonte: <http://www.polarisbrasil.com.br/?pagina=modelo&modelo=sportsman-570-efi&m=fotos>. Acessado em 28 de maio de 2015.

O armazenamento integrado de maior volume em um ATV. A capacidade de 24,6 litros permite que se guarde uma grande quantidade de equipamentos e ainda tenha acesso a eles, mesmo se houver objetos amarrados na tampa do rack dianteiro.

O Sportsman foi o primeiro ATV no mundo a utilizar o sistema de suspensão independente na traseira (IRS), característica que o tornou tão popular como é hoje. A sua construção sólida e robusta permite um curso de suspensão de 24 cm e minimiza o rolamento do chassi, mantendo o conforto na trilha. As especificações técnicas deste veículo estão listadas no Anexo C.

5.5 CAN-AM RENEGADE X XC

O ATV escolhido da empresa Can-am é um modelo esportivo de alto desempenho combinando potência e velocidade. Possui amortecedores com desempenho ajustável e Direção de Potência Dinâmica (DPS) de três modos e oferecem manipulação precisa em qualquer terreno.



Figura 22 – Can-am Renegade X xc.

Fonte: <http://br.brp.com/off-road/atv/renegade-x-xc.html>. Acessado em 29 de maio de 2015.

Os elementos de estilo do pacote X e o guidão de perfil cônico dão ao Renegade X xc um visual indiscutivelmente agressivo. As especificações técnicas deste veículo estão listadas no Anexo D.

5.6 COMPARATIVO

Quadro 1. Análise comparativa dos veículos similares. (Fonte: autor, com especificações retiradas a partir das fontes indicadas na análise de cada veículo).

Parâmetro	HONDA TRX 420 FOURTRAX	YAMAHA YFM 700R	POLARIS SPORTSMAN 570 EFI	CAN-AM RENEGADE X XC	Referência a ser utilizada
Motor					
Tipo	OHV, monocilíndrico, 4 tempos, refrigeração líquida	4 tempos, OHC, 4 válvulas, monocilíndrico	4 Tempos, monocilíndrico, DOHC (Duplo Comando de Válvulas no Cabeçote)	V-Twin, SOHC, 8 válvulas (4 válvulas/cil)	4 Tempos, monocilíndrico, DOHC (Duplo Comando de Válvulas no Cabeçote)
Cilindrada (cm³)	420,2	686	567	976	500 - 700
Diâmetro x Curso (mm)	86,5 x 71,5	102 x 84	-	91 x 75	-
Relação de Compressão	9,9 : 1	9,2:1	-	-	-
Potência Máxima (cv)	26,9	50	44	82	50 - 70
Torque Máximo (kgf.m)	3,4	-	-	-	--
Sistema Alimentação	Injeção eletrônica PGM-FI	Injeção eletrônica	Injeção eletrônica EFI	Injeção eletrônica EFI	Injeção eletrônica EFI
Sistema de Partida	Elétrico	Elétrico	Elétrico	Elétrico	Elétrico
Combustível	Gasolina	Gasolina	Gasolina	Gasolina	Gasolina
Chassi					
Tipo / Material	Berço duplo / -	Berço duplo / Alumínio e aço	- / Aço	Tecnologia barra envolvente (SST) G2/-	- / Alumínio e aço
Sistema de transmissão					
Transmissão	5 velocidades com reverso	5 velocidades com reverso	PVT automático - P/ R/N/L/H	CVT	CVT
Tração	Rodas traseiras	Rodas traseiras	Real 4X4/4X2 sob demanda	Real 4X4/4X2 sob demanda	Rodas traseiras
Suspensão					
Suspensão Dianteira / Curso (mm)	Tipo Bifurcação dupla / 170	Trapézio duplo independente	MacPherson / 208	Duplo A / 229	Ativa e independente / 229+
Suspensão Traseira / Curso	Tipo "Trailing" / 170	Monoamortecedor	Duplo A / 241	Independente TTI / 236	Ativa e independente / 241+
Freios					
Freio Dianteiro / Diâmetro (mm)	A disco / 190	A disco / 230	A disco / -	A disco / 214	A disco / 230
Freio Traseiro / Diâmetro	A tambor / 160	A disco / 256	A disco / -	A disco / 214	A disco / 256
Pneus					
Pneu Dianteiro (pol.)	AT 24 X 8 - 12	21 x 7-10	25 x 8-12	25 x 8 x 12	-
Pneu Traseiro	AT 24 X 10 - 11	20 x 10-9	25 x 10-12	25 x 10 x 12	-
Dimensões (mm)					
Comprimento	2.103	1.845	2.108	2.184	2.184 +
Largura	1.205	1.156	1.219	1.168	1.219 +
Altura	1.174	1.115	1.219	1.143	1.219 +
Distância entre Eixos	1.268	1.280	1.280	1.295	1.295 +
Distância Mínima do Solo	183	-	279	267	250 - 300
Altura do Assento	856	831	857	877	850 - 880
Capacidade					
Tanque de Combustível (L)	14,4	11	17	20,5	15 - 20
Peso Seco (kg)	247	192	318	312	250 - 300
Preço (R\$)	22.100,00	28.052,00	29.900	61.990	30.000 – 60.000

6 NECESSIDADES E REQUISITOS

6.1 DISPOSIÇÃO DAS METODOLOGIAS DE PROJETO

Para o desenvolvimento do projeto e o levantamento das necessidades e requisitos serão utilizadas três metodologias, sendo a MD3E a geral, o DMAIC, a intermediária e o QFD a específica. Com o início da utilização das metodologias, julgou-se necessário a construção de um fluxograma (Fig. 23) para demonstrar como elas se relacionam.

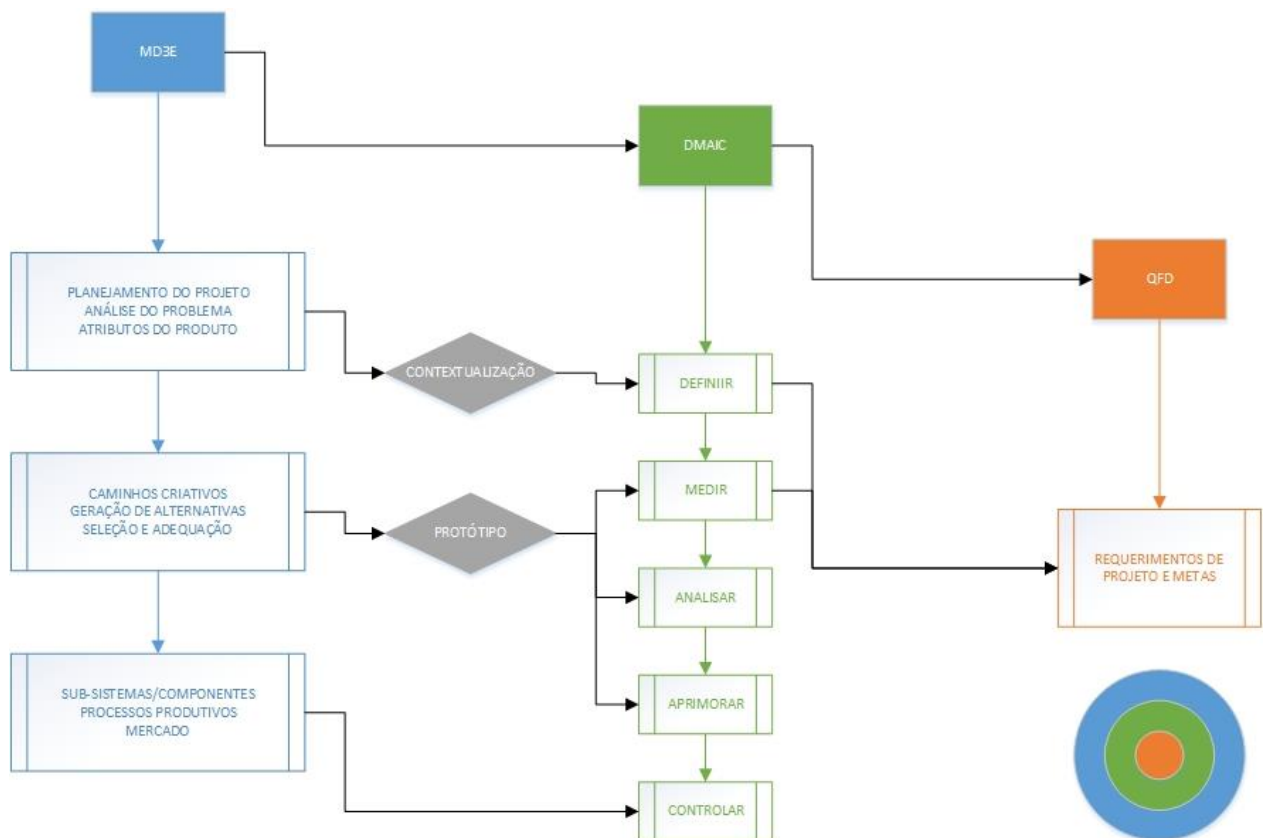


Figura 23 – Disposição das metodologias do projeto. Fonte: o autor.

6.2 DEFINIÇÃO DO PROJETO (DMAIC)

O presidente da empresa Sony, Akio Morita possui como lema: "Faça o que os outros ainda não fizeram". De acordo com Baxter (2000), Morita acredita que os consumidores não são capazes de dizer se desejam um produto que nunca viram antes. Ele enfrentou exatamente esse problema no desenvolvimento do famoso walkman. Quando o primeiro walkman foi desenvolvido na década de 1970, os

gravadores de fita eram produtos que tocavam e gravavam som. Ao analisar o aparelho que, além de não gravar, poderia ser ouvido por apenas uma pessoa, com uso de fones de ouvido, o departamento de marketing da Sony concluiu que se tratava de um produto "mudo". Felizmente, o próprio Morita havia experimentado o produto.

Como ele tinha gostado do produto, contrariou os especialistas de marketing e assumiu pessoalmente o risco de lançamento do novo produto. Felizmente, resultou em um grande sucesso de mercado.

Back et al. (2008) aconselham que o controle da qualidade durante o processo de desenvolvimento de produto seja realizado através do levantamento das necessidades dos usuários e sua consecutiva transformação em especificações do produto, realizada com o suporte da ferramenta de desdobramento da função qualidade (QFD). A contextualização e a análise dos produtos similares fomentaram o levantamento das questões mais relevantes que os usuários demandam para a definição do projeto. Questões estas, que podem ser especificadas e justificadas como necessidades que os usuários do tipo de veículo a ser proposto terão para que, posteriormente, sejam transformadas em requisitos de projeto.

Tabela 1. Necessidades do usuário. (Fonte: autor).

Necessidade do usuário	Justificativa
Poder controlar o curso da suspensão	Ter uma maior conectividade entre o homem e a máquina, se diferenciando dos demais veículos da categoria, tornando possível escolher qual roda irá, ou não, passar por um determinado buraco ou pular o mesmo.
Poder controlar a cambagem das rodas	Alterar a cambagem das rodas de acordo com as exigências do terreno, de modo a melhorar a eficiência de pilotagem e proporcionar novos desafios.
Ter motorização eficiente	O conjunto de motor e transmissão tem que ser forte o suficiente para alcançar os novos objetivos do conceito e leve para não dificultá-los.
Possuir boa acomodação do piloto e ter dimensões dos sistemas para finalidades esportivas	A acomodação tem que ser projetada para transportar a menor quantidade possível de vibração para o piloto e confortável para utilização em trilhas longas.
Ter estrutura robusta	A estrutura tem que ter níveis de rigidez elevada, de forma robusta, não deixando o peso exceder para aguentar os intemperes de sua utilização.

Necessidade do usuário	Justificativa
Possuir facilidades eletrônicas	Dispositivos eletrônicos que tornem possível o controle ativo da suspensão e cambagem, além de eventuais recursos de <i>performance</i> .
Ter bom desempenho na estrada e fora-de-estrada	A dinâmica do veículo necessita de eficiência tanto na utilização fora-de-estrada, quanto na estrada, pois será projetado para todos os tipos de terreno.
Possuir um <i>design</i> atraente	Um <i>design</i> atraente é essencial para que o produto possa se tornar um desejo de consumo e ter um bom desempenho nas vendas.
Ser um veículo inovador dentro da categoria	Criar novas possibilidades na categoria de ATV, tendo em vista o maior controle dos sistemas do veículo por parte do piloto.
Ser seguro	Propor sistemas de segurança não existentes nos ATVs convencionais, como: <i>ROPS</i> (<i>Roll Over Protect Structure</i> ou Estruturas de proteção contra capotamento), <i>airbag</i> (bolsa de ar), cinto de segurança e extintor de incêndio.

A definição do projeto é especificada de acordo com as necessidades levantadas através das seguintes categorias: suspensão, direção, *powertrain* (motor e transmissão), ergonomia, estrutura, elétrica, dinâmica, design, custo e segurança.

6.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

As categorias definidas do projeto serão desdobradas, de acordo com a relevância ao escopo do trabalho, para o entendimento de suas características específicas como componentes e suas unidades de medição. Sendo aprofundadas individualmente no módulo II do trabalho.

Suspensão

O sistema de suspensão a ser caracterizado para o projeto é o ativo, como pode ser visto no Cap. 2.3.2, de acordo com o escopo do trabalho.

Os sistemas ativos precisam gerar forças para poder controlar, para isso são necessários sensores e componentes eletrônicos (listados na categoria: Elétrica) para tratar os sinais.

Fontes de energia podem ser:

- Hidráulica
- Pneumática
- Elétrica

Atuadores:

- Hidráulico
- Pneumático
- Eletromagnético

O curso da suspensão selecionado como referência a partir da análise comparativa dos veículos similares (Quadro. 1).

Curso da suspensão dianteira / traseira (mm).

- 229+ / 241+

Os pneus a serem utilizados no projeto serão de banda circular, como citado no Cap. 2.3.3.

Pneus:

- Banda circular

Direção

Para o projeto, o piloto terá a autonomia de variar a cambagem através de um atuador para ter maior eficiência nos diversos tipos de terrenos como pode ser visto no Cap. 2.3.3.

Cambagem (graus):

- - 45° a + 45°

Atuadores:

- Hidráulico
- Pneumático
- Eletromagnético

Powertrain

Como especificado na análise dos similares (Quadro. 1), o motor e sistema de transmissão selecionado como referência foram:

Tipo:

- 4 Tempos, monocilíndrico, DOHC (Duplo Comando de Válvulas no Cabeçote) ou 4 motores elétricos (um para cada roda)

Cilindrada (cc):

- 500 – 700

Potência máxima (cv):

- 50 - 70

Transmissão

- CVT

Tração:

- Integral

Ergonomia

Comprimento (mm):

- 2.184 +

Largura (mm):

- 1.219 +

Altura (mm):

- 1.219 +

Altura do assento (mm):

- 850 - 880

Estrutura

Chassi (material):

- Tubular (alumínio e aço) ou Monobloco

Elétrica

Sensores:

- Acelerômetros
- Inclínômetros
- Transdutores de pressão
- LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*), para medir o deslocamento linear

Componentes eletrônicos:

- Amplificadores
- Filtros analógico e digital
- Conversor AD e AC
- Microprocessadores

Dinâmica

Distância mínima do solo (mm):

- 250 - 300

Peso seco (Kg):

- 250 – 300

Design

- Painéis imagéticos: Biônica

Custo

O custo não é um fator limitante para o projeto pelo fato de se tratar de tecnologias novas e conceituais. O custo será atribuído aos sistemas mais relevantes ao trabalho, para os materiais da estrutura e suspensão:

- Aço
- Alumínio

Segurança

Sistemas de segurança em potenciais para uso:

- Cinto de segurança
- Airbag
- ROPS

6.4 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS DO USUÁRIO

De acordo com as diretrizes de Back et al. (2008), as necessidades dos usuários foram desdobradas em requisitos do usuário. Os estudos ergonômicos serão feitos de forma a abranger 90% da população, que é do percentil 5 feminino (1,52 m) ao percentil 95 masculino (1,86 m).

Tabela 2. Conversão das necessidades do usuário em requisitos do usuário. (Fonte: autor).

Categoria	Necessidade do usuário	Requisito do usuário
Suspensão	Poder controlar o curso da suspensão	Capacidade de controle ativo de sistemas
Direção	Poder controlar a cambagem das rodas	Capacidade de controle ativo de sistemas
<i>Powertrain</i>	Ter motorização eficiente	Eficiência de potência
Ergonomia	Possuir boa acomodação do piloto e ter dimensões dos sistemas para finalidades esportivas	Adequação ergonômica
Estrutura	Ter estrutura robusta e durável	Mantenabilidade (cf. BACK et al., 2008)
Elétrica	Possuir sistemas eletrônicos intuitivos dos sistemas	Facilidades de operação dos sistemas
Dinâmica	Ter bom desempenho na estrada e fora da estrada	Capacidade eficiente de uso na estrada e fora da estrada
Design	Possuir um design atraente	Boa aparência de acordo com as tendências de mercado
Custo	Ser um veículo inovador dentro da categoria	Inovação na categoria
Segurança	Ser seguro	Conformidade de segurança

6.5 PLANEJAMENTO DA QUALIDADE REQUERIDA

A valoração dos requisitos do projeto a ser desenvolvido é detalhada como mostram os quadros (2) e (3) a seguir. Foi atribuído pelo autor graus de importância para cada requisito do usuário que foram julgados de acordo com o escopo do projeto. Seguido de uma comparação com os atributos dos veículos da categoria,

através da análise dos similares, e o estabelecimento de uma hierarquia de pesos entre eles.

Quadro 2. Matriz de planejamento da qualidade requerida (fonte: autor).

Requisito do usuário	gi	vq _{hon}	vq _{yam}	vq _{pol}	vq _{can}	vq _m
Capacidade de controle ativo de sistemas	5,0	3,0	3,0	3,5	4,0	3,4
Eficiência de potência	4,5	2,5	4,5	3,5	4,0	3,6
Adequação ergonômica	4,0	3,0	2,5	3,0	2,5	2,8
Mantenabilidade (cf. BACK et al., 2008)	4,5	3,0	3,5	4,0	4,5	3,8
Facilidades de operação dos sistemas	4,5	4,0	4,0	3,5	3,5	3,8
Capacidade eficiente de uso na estrada e fora da estrada	4,5	4,0	4,5	4,0	4,5	4,3
Boa aparência de acordo com as tendências de mercado	4,0	3,5	4,5	3,0	4,0	3,8
Inovação na categoria	4,0	2,5	3,5	3,5	4,0	3,4
Conformidade de segurança	5,0	3,0	2,5	3,0	3,5	3,0

Legenda:

gi: grau de importância.

vq_{hon}: valor de qualidade atribuído ao Honda TRX 420 Fourtrax.

vq_{yam}: valor de qualidade atribuído ao Yamaha YFM 700R.

vq_{pol}: valor de qualidade atribuído ao Polaris Sportsman 570 EFI.

vq_{can}: valor de qualidade atribuído ao Can-am Renegade X xc.

vq_m: valor de qualidade médio dos veículos similares analisados.

Quadro 3. Matriz de planejamento da qualidade requerida (fonte: autor).

Requisito do usuário	gi	vq _m	pq	tm	pa	pr
Capacidade de controle ativo de sistemas	5,0	3,4	5,0	1,47	7,35	14,21%
Eficiência de potência	4,5	3,6	4,0	1,11	5,00	9,67%
Adequação ergonômica	4,0	2,8	4,0	1,43	5,71	11,05%
Mantenabilidade (cf. BACK et al., 2008)	4,5	3,8	4,5	1,18	5,33	10,30%
Facilidades de operação dos sistemas	4,5	3,8	4,0	1,05	4,74	9,16%
Capacidade eficiente de uso na estrada e fora da estrada	4,5	4,3	5,0	1,16	5,23	10,12%

Requisito do usuário	gi	vq _m	pq	tm	pa	pr
Boa aparência de acordo com as tendências de mercado	4,0	3,8	4,0	1,05	4,21	8,14%
Inovação na categoria	4,0	3,4	4,5	1,32	5,29	10,23%
Conformidade de segurança	5,0	3,0	5,0	1,67	8,33	16,11%

Legenda:

gi: grau de importância.

vq_m: valor de qualidade médio dos veículos similares analisados.

pq: plano de qualidade (valor pretendido para o veículo a ser desenvolvido).

tm: taxa de melhoramento para o requisito (pq / vq_m).

pa: peso absoluto (peso atribuído ao requisito por: $pa = gi \times tm$).

pr: peso relativo do requisito face ao somatório dos pesos absolutos (peso da qualidade demandada).

Quadro 4. Planejamento da qualidade desejada, classificados por prioridade. (fonte: autor).

Requisito do usuário	Peso absoluto	Peso relativo
Conformidade de segurança	8,33	16,11%
Capacidade de controle ativo de sistemas	7,35	14,21%
Adequação ergonômica	5,71	11,05%
Mantenabilidade (cf. BACK et al., 2008)	5,33	10,30%
Inovação na categoria	5,29	10,23%
Capacidade eficiente de uso na estrada e fora da estrada	5,23	10,12%
Eficiência de potência	5,00	9,67%
Facilidades de operação dos sistemas	4,74	9,16%
Boa aparência de acordo com as tendências de mercado	4,21	8,14%

6.6 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS DE PROJETO

Os requisitos do usuário são convertidos em requisitos de projeto, que serão utilizados como parâmetro de controle para o desenvolvimento do conceito a ser

proposto. A conexão entre os requisitos do usuário e os requisitos de projeto é aferida por meio da construção da matriz QFD.

Tabela 3. Conversão dos requisitos do usuário em requisitos de projeto.
(fonte: autor).

Requisito do usuário	Requisito de projeto	Características
Capacidade de controle ativo de sistemas	Suspensão ativa e independente nas quatro rodas	Suspensões hidráulicas, pneumáticas ou elétricas, atuadas manualmente com curso para dianteira maior que 229 mm e para traseira maior que 241 mm. Pneus com banda circular.
Capacidade de controle ativo de sistemas	Cambagem ativa	Sistema hidráulico, pneumático ou elétrico de cambagem, atuado manualmente. Ângulo de cambagem entre - 45° até + 45°.
Eficiência de potência	<i>Powertrain</i> potente e leve	Motor 4 Tempos, monocilíndrico, DOHC (Duplo Comando de Válvulas no Cabeçote) com potência entre 50 e 70 cv e cilindrada entre 500 e 700 cm ³ .
Adequação ergonômica	Ergonomia esportiva dos sistemas atenta ao conforto	Dimensões do veículo visando melhor desempenho esportivo com comprimento, largura e altura maiores que: 2.184 mm, 1.219 mm e 1.219 mm, respectivamente. Dimensionamento dos sistemas projetados para transpor a menor quantidade possível de vibração para o piloto.
Adequação ergonômica	Dimensões adequadas para usuários adultos dos percentis 5 a 95.	Altura do assento entre 850 e 880 mm. Dimensão dos controles para os pés e mãos condizentes com os percentis relacionados.
Mantenabilidade (cf. BACK et al., 2008)	Célula de sobrevivência	Estrutura rígida e fácil de manter possuindo um chassi tubular híbrido de alumínio e aço e uma célula de sobrevivência de alta resistência, que suporte elevados níveis de tensão sem escoar.
Facilidades de operação dos sistemas	Recursos técnicos que viabilizem os sistemas	Sensores e outros componentes eletrônicos para relacionar o comando do piloto à atuação da suspensão e cambagem.

Requisito do usuário	Requisito de projeto	Características
Capacidade eficiente de uso na estrada e fora da estrada	Dinâmica veicular eficiente para todos os terrenos	Parâmetros que alteram a dinâmica, otimizados para o objetivo do veículo, como: a distância mínima do solo entre 250 e 300 mm, o peso seco entre 250 e 300 Kg, centro de gravidade baixo.
Boa aparência de acordo com as tendências de mercado	Design atraente seguindo tendências de mercado	Uma boa aparência é importante para que o produto possa se tornar um desejo de consumo. Serão utilizados temáticas para o design.
Inovação na categoria	Inovação tecnológica dos sistemas	Novas possibilidades na categoria de ATV, como o controle manual dos sistemas de suspensão e cambagem do veículo.
Conformidade de segurança	Conformidade com as normas de segurança	Sistemas de segurança como: <i>ROPS</i> , <i>airbag</i> , cinto de segurança e extintor de incêndio.

6.7 MATRIZ QFD

Na parte central da matriz QFD, na qual foram inseridos os requisitos de projeto, ocorre uma hierarquia destes requisitos entre si em função de suas relações com os requisitos dos usuários. É obtido como resultado da matriz, a valoração da importância e da prioridade dos requisitos de projeto, a partir do somatório dos pesos das inter-relações dos requisitos e do peso relativo (cf. Quadro 4).

A construção da matriz, defendida por Baxter (2000), qualifica cada requisito de projeto conforme seu impacto positivo forte (indicado pelo valor +3), positivo fraco (+1), neutro (0), negativo fraco (-1) e negativo forte (-3) sobre os requisitos dos usuários, sendo assim, permite analisar a relação entre cada requisito de projeto e cada requisito de usuário, individualmente.

Quadro 5. Priorização dos requisitos de projeto; parte central da matriz QFD.
(fonte: autor).

Requisito do usuário	Peso relativo	Requisitos do projeto										
		Suspensão ativa e independente nas quatro rodas	Cambagem ativa	Powertrain potente e leve	Ergonomia esportiva dos sistemas atenta ao conforto	Dimensões adequadas para usuários adultos dos percentis 5 a 95	Célula de sobrevivência	Recursos técnicos que viabilizem os sistemas	Dinâmica veicular eficiente para todos os terrenos	Design atraente seguindo tendências de mercado	Inovação tecnológica dos sistemas	Conformidade com as normas de segurança
Capacidade de controle ativo de sistemas	14,21%	3	3	0	1	1	0	3	1	0	3	0
Eficiência de potência	9,67%	1	1	3	-1	-1	-1	1	0	-1	1	0
Adequação ergonômica	11,05%	0	0	0	3	3	1	1	0	1	0	1
Mantenabilidade (cf. BACK et al., 2008)	10,30%	1	1	1	1	0	3	1	0	1	0	0
Facilidades de operação dos sistemas	9,16%	3	3	1	1	1	1	3	0	0	1	0
Capacidade eficiente de uso na estrada e fora da estrada	10,12%	3	3	1	1	1	1	1	3	0	1	0
Boa aparência de acordo com as tendências de mercado	8,14%	0	0	0	1	0	1	0	0	3	0	0
Inovação na categoria	10,23%	3	3	0	0	1	3	0	0	1	3	0
Conformidade de segurança	16,11%	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3
Importância do requisito de projeto		15	15	7	8	7	12	11	5	6	10	4
Prioridade do requisito de projeto		1,67	1,67	0,75	0,92	0,83	1,39	1,27	0,61	0,62	1,18	0,59

6.8 RELAÇÃO ENTRE REQUISITOS DE PROJETO

A elaboração da matriz QFD é finalizada pela caracterização das inter-relações entre os requisitos de projeto.

Quadro 6. Relação entre requisitos de projeto (fonte: autor).

Requisito do projeto	Requisitos do projeto									
	Suspensão ativa e independente nas quatro rodas	Cambagem ativa	Powertrain potente e leve	Ergonomia esportiva dos sistemas atenta ao conforto	Dimensões adequadas para usuários adultos dos percentis 5 a 95	Célula de sobrevivência	Recursos técnicos que viabilizem os sistemas	Dinâmica veicular eficiente para todos os terrenos	Design atraente seguindo tendências de mercado	Inovação tecnológica dos sistemas
Suspensão ativa e independente nas quatro rodas							++	++		+
Cambagem ativa							++	++		+
Powertrain potente e leve				-				+		+
Ergonomia esportiva dos sistemas atenta ao conforto					++	+				+
Dimensões adequadas para usuários adultos dos percentis 5 a 95						++	+			+
Célula de sobrevivência							+			+
Recursos técnicos que viabilizem os sistemas									+	+
Dinâmica veicular eficiente para todos os terrenos									+	+
Design atraente seguindo tendências de mercado										
Inovação tecnológica dos sistemas										+
Conformidade com as normas de segurança										

Legenda:

Célula em branco: ausência de influência relevante entre os dois requisitos considerados.

+: influência positiva fraca entre os dois requisitos considerados.

++: influência positiva forte entre os dois requisitos considerados.

–: influência negativa fraca entre os dois requisitos considerados.

– –: influência negativa forte entre os dois requisitos considerados.

Para uma melhor visualização da hierarquia entre os requisitos, obtida através da aplicação do QFD, os resultados da priorização dos requisitos de projeto foram listados de acordo com as prioridades para facilitar a visualização da hierarquia entre os requisitos obtida através da aplicação do QFD (Quadro 4).

Nota-se que surgiu da aplicação da matriz QFD a priorização da capacidade de controle ativo de sistemas (de acordo com os dois primeiros requisitos na tabela) e da manutenibilidade (como é observado em seguida). A observação desta hierarquia entre os requisitos influencia diretamente a elaboração do conceito.

Quadro 7. Ordem dos requisitos de projeto por prioridade (fonte: autor).

Posição	Requisito de projeto	Categoria	Importância	Prioridade
1º	Suspensão ativa e independente nas quatro rodas	Suspensão	15	1,67
2º	Cambagem ativa	Direção	15	1,67
3º	Célula de sobrevivência	Estrutura	12	1,39
4º	Recursos técnicos que viabilizem os sistemas	Elétrica	11	1,27
5º	Inovação tecnológica dos sistemas	Custo	10	1,18
6º	Ergonomia esportiva dos sistemas atenta ao conforto	Ergonomia	8	0,92
7º	Dimensões adequadas para usuários adultos dos percentis 5 a 95	Ergonomia	7	0,83
8º	Powertrain potente e leve	<i>Powertrain</i>	7	0,75
9º	Design atraente seguindo tendências de mercado	Design	6	0,62
10º	Dinâmica veicular eficiente para todos os terrenos	Dinâmica	5	0,61
11º	Conformidade com as normas de segurança	Segurança	4	0,59

7 ELABORAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL

Para o desenvolvimento do projeto serão utilizadas as caracterizações levantadas pelo DMAIC e os requisitos propostos pela matriz QFD, ambos no Cap. 6, através da metodologia apresentada MD3E - Método de Desdobramento em 3 Etapas de Santos (2005), que além da fase central em que foi definido o problema a

ser resolvido, de projetar um veículo para todo terreno com a necessidade de melhorar a interação e controle dos sistemas de suspensão e direção, este trabalho apresentará as seguintes etapas:

Pré-Concepção

Nesta etapa ocorre o planejamento, sendo realizado um cronograma ordenando como o projeto ocorrerá. São definidas as tecnologias que serão utilizadas, tais como computadores, mesas digitalizadoras, scanner e também é realizada uma programação de quais softwares serão necessários para a construção do modelo 3D, também é feito uma análise do problema, para identificar os principais obstáculos do projeto e por último, relatar os atributos relacionados ao projeto conceitual.

Concepção

Nesta etapa iniciam-se os caminhos criativos que irão utilizar painéis de imagens visuais concebidos para trazer inspirações para a fase de geração de alternativas com o objetivo de desenvolver ideias para a solução do problema. Posteriormente à realização da fase criativa, são selecionadas as melhores ideias que passarão pela etapa de seleção e adequação.

7.1 PRÉ-CONCEPÇÃO

7.1.1 Planejamento do projeto

O planejamento do projeto iniciou-se com a construção do cronograma, como pode ser visualizado no Quadro (8) adiante.

As tecnologias que serão utilizadas para a realização do projeto são:

- Mesa digitalizadora
- Scanner
- Impressora 3D

Também são identificados os seguintes softwares a serem utilizados:

- Catia V5
- Photoshop
- KeyShot

7.1.2 Análise do problema

Tomando como base os desafios impostos pelo ambiente fora de estrada, assim como as vantagens e desvantagens dos veículos existentes para enfrentar essa proposta, observam-se as limitações existentes atualmente de controle ativo de forma manual de sistemas de suspensão e direção.

Os veículos todo terreno existentes possibilitam uma interação e controle limitados do piloto com a máquina, resultando em uma experiência passiva da dinâmica veicular e do trabalho da suspensão em, por exemplo, um circuito acidentado onde o deslocamento do centro de gravidade, o curso da suspensão e a cambagem das rodas do veículo ao passar por um desnível são, de certa forma, inerentes ao piloto.

Deste modo, objetiva-se ter uma maior conectividade entre o homem e a máquina, se diferenciando dos demais veículos da categoria, tornando possível escolher qual roda irá, ou não, passar por um determinado buraco ou pular o mesmo.

7.1.3 Atributos do produto

Nesta fase são definidas as principais características do produto, segundo Santos (2005, p. 89), “No desdobramento atributos do problema, devem ser definidas as características que o produto deverá apresentar ao final do projeto.” O produto será caracterizado de acordo com as categorias definidas pelo DMAIC em: Suspensão, direção, *powertrain*, ergonomia, estrutura, elétrica, dinâmica, design, custo e segurança.

7.2 CONCEPÇÃO

7.2.1 Caminhos criativos

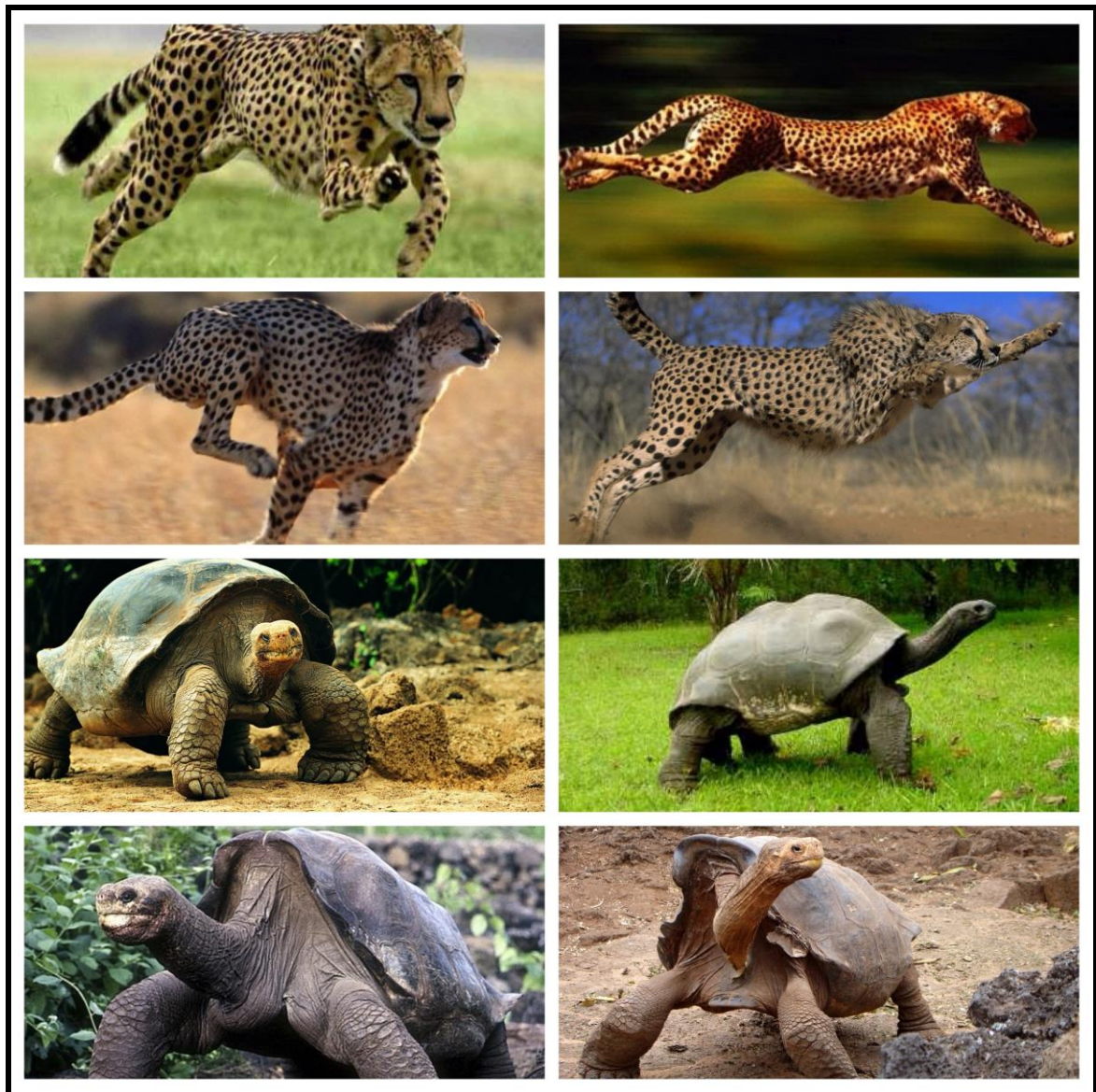
Para a desenvolvimento dos caminhos criativos optou-se usar painéis imagéticos, os quais são constituídos de imagens que representam a temática do projeto.

Nos painéis (1) e (2) são apresentadas imagens que representam a temática biônica com o intuito de contribuir com as formas e estruturas do veículo, com

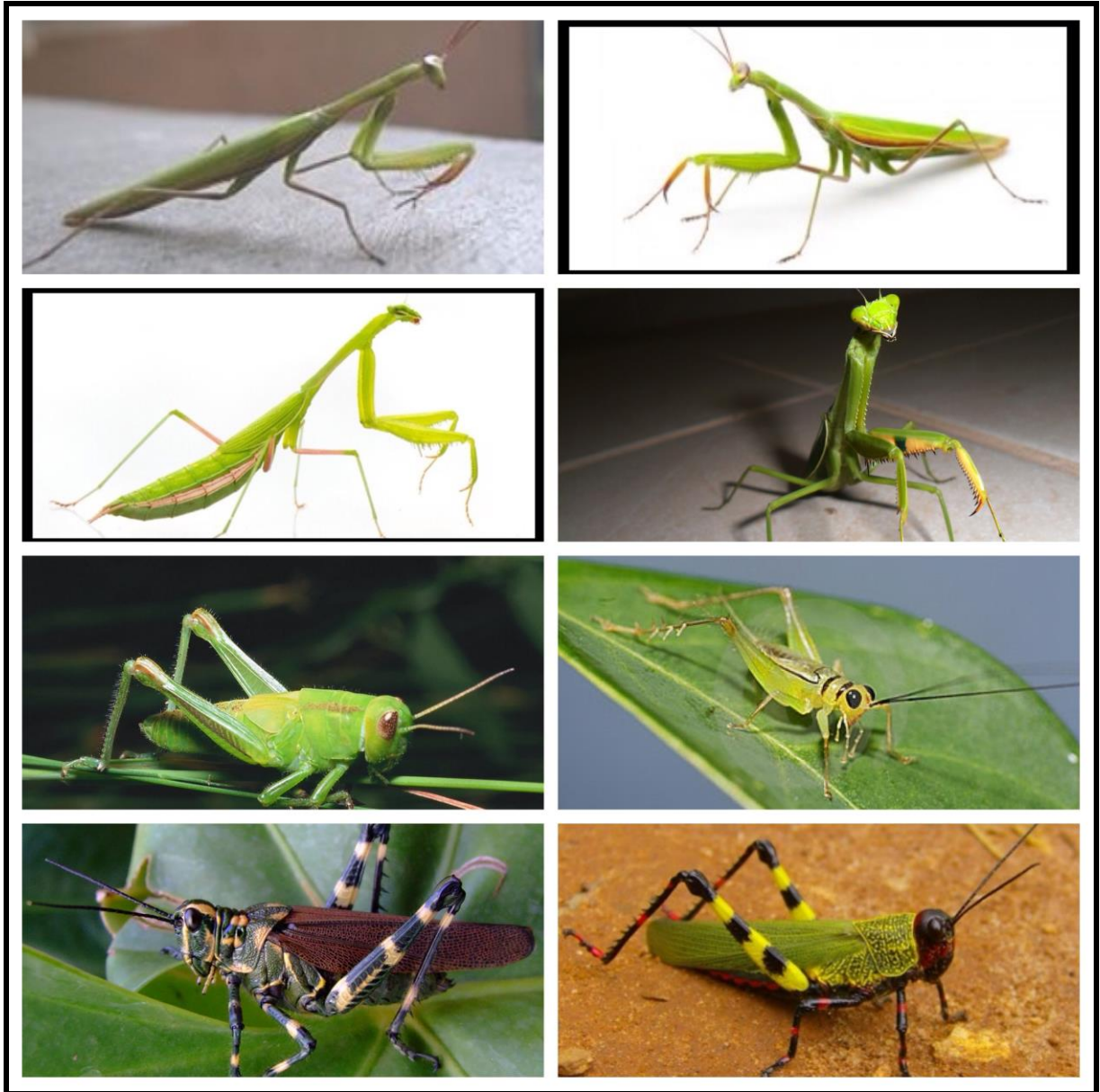
espécies de animais que serviram para ilustrar e dar forma ao veículo. Sendo o painel (1), guepardo e tartaruga, e o painel (2), louva deus e grilo.

O objetivo de apresentar as imagens é analisar de que forma os animais se adaptam ao meio ambiente e como suas características e propriedades trabalham para a sua sobrevivência em virtude de predadores, alimentação e locomoção nos ambientes. Tendo em vistas as características das espécies, o veículo deverá apresentar essas características e conceitos na estrutura, formas, cores e soluções para atender necessidades dos usuários.

Painel 1. Biônica: guepardo e tartaruga. Fonte: o autor



Painel 2. Biônica: louva deus e grilo. Fonte: o autor



Biônica é o estudo de seres vivos, animais e plantas para encontrar soluções existentes na natureza e aplicar em sistemas mecânicos e formas de produtos na indústria. Há muito tempo o homem busca na natureza, inspiração para resolver problemas. Nos projetos de design, a biônica trouxe diversas soluções, possibilitando gerar alternativas mais adequadas aos problemas pesquisados.

“[...] biônica refere-se a todo o projeto baseado em algum sistema da natureza, seja qual for. No campo do design de produtos, conceituações mais atuais a definem como a análise de sistemas naturais, seus princípios e suas características funcionais, estruturais e formais com o objetivo de identificar princípios de solução, que devidamente adaptados possam ser aplicados na solução de problemas de projeto através de objetos com formas análogas ou funções análogas.” (TODESCHINI, 2008, p. 22)

É possível afirmar que as aplicações da biônica nos projetos de produtos servem tanto para solucionar aspectos formais quanto para funcionais e mecânicos, soluções estas, que podem trazer diversos benefícios ao homem. Sendo pesquisadas e analisadas com coerência, erros de projeto podem ser reduzidos, pelo fato que a natureza já testou.

São encontrados na natureza, várias formas e mecanismos que podem servir como fonte para gerar novos conceitos, possibilitando gerar melhores soluções para a criação de novos produtos. As analogias da biônica com os produtos não são apenas para cores, formas e geometria, os problemas construtivos não se resolvem apenas copiando as formas naturais, é necessário que os estudos sejam mais aprofundados com o objetivo de buscar soluções funcionais, estruturais e morfológicas.

Todeschini (2008, p.22) afirma que:

“Na natureza a frase “a forma segue a função” é totalmente acertada, as formas e funções inspiradas na natureza são mais adequadas para projetar objetos, já que possuem características testadas no meio ambiente, e que também fazem parte da memória e cultura do ser humano. O estudo de sistemas naturais possibilita a redescoberta de formas e funções de alto desempenho e confiabilidade e a sua utilização e adaptação para configurar produtos, com mais equilíbrio e harmonia.”

Através das pesquisas realizadas, o projeto de um veículo conceitual para todo terreno buscará na biônica, juntamente com as análises, soluções funcionais e construtivas para gerar alternativas e solucionar, de forma a atender com eficiência aos usuários, o objetivo proposto.

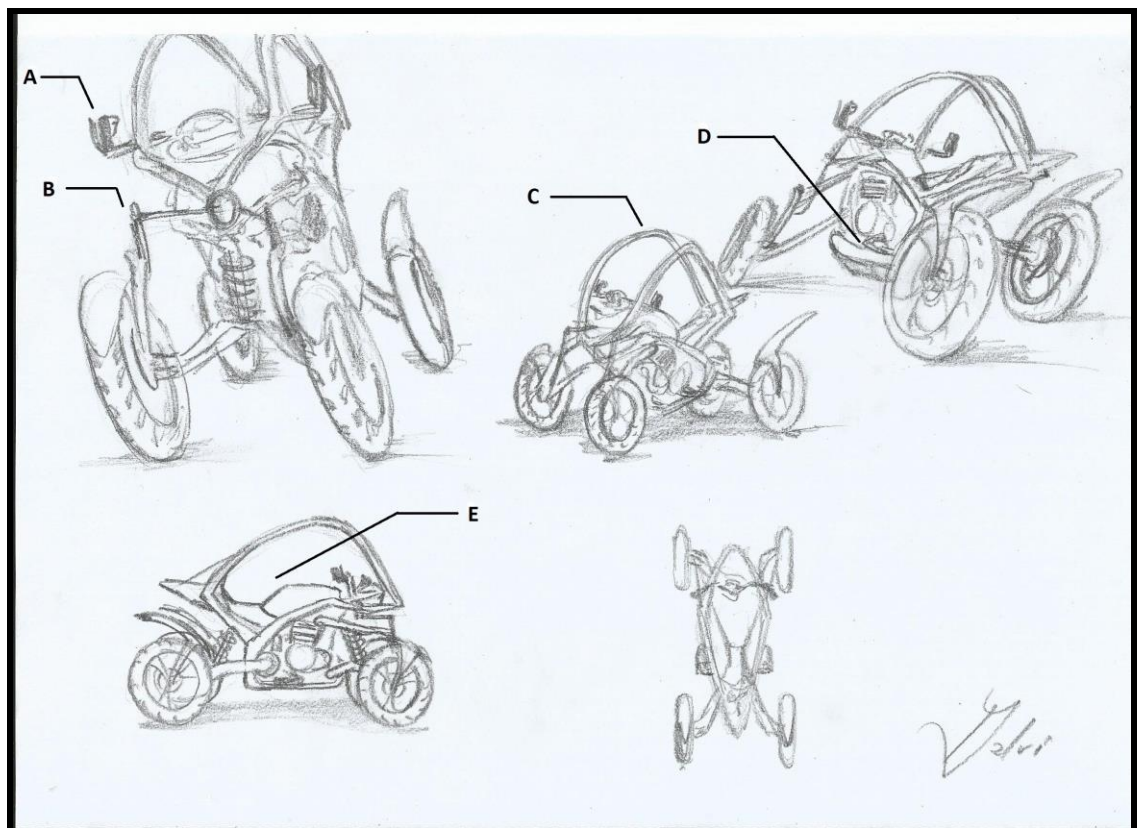
7.2.2 Geração de alternativas

Na etapa da criação de conceitos e geração de alternativas foram utilizados os painéis de imagens que retratam a temática (biônica) e análises de veículos similares ao projeto, que serão utilizados como fonte de inspiração para os estudos de formas e conceitos de mecanismos e funcionalidade da proposta de um veículo conceitual para todo terreno.

Os *sketches* foram gerados a partir da biônica, através das formas e estilos, das quatro espécies de animais: guepardo, tartaruga, louva deus e grilo. As estruturas e conceitos de funcionalidade utilizaram como base os desejos e necessidades dos consumidores e as propostas do escopo.

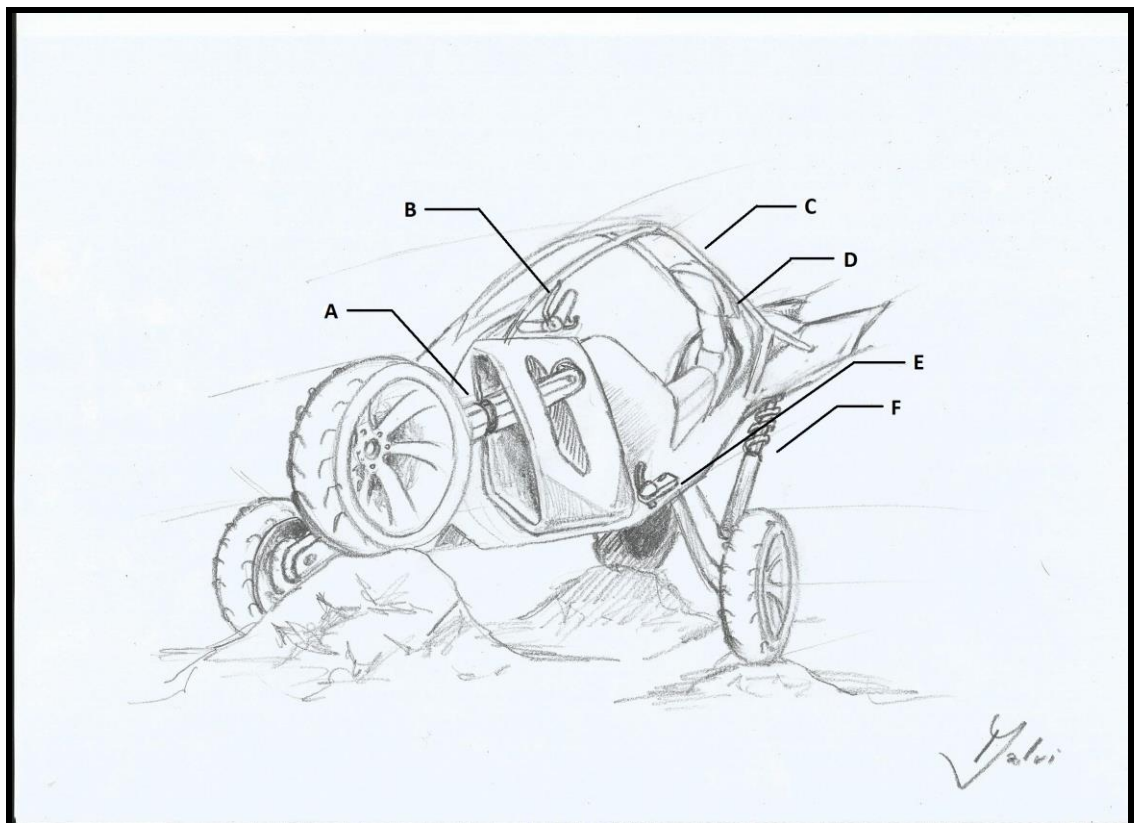
A primeira alternativa (Desenho 1), utiliza características do guepardo e da tartaruga.

Desenho 1. Alternativa 1. (Fonte: autor)



A alteração da cambagem é realizada ao girar o guidão (A), no sentido do ângulo de cambagem, que aciona o braço (B) para realizar a operação. O veículo possui uma proteção (C), referente ao casco da tartaruga, anti-capotamento e uma estrutura com uma posição de pilotagem agressiva, relativo ao guepardo. O sistema ativo da suspensão é feito, para a dianteira, com o acionamento de manete (A) e para a traseira, através do pedal (D), ambos independentes para cada roda. O sistema funciona de acordo com a velocidade que se aciona e que volta ao estado normal, de modo que ao ser acionado e soltado rapidamente, irá realizar um salto, e de modo devagar, em uma roda, irá passar por cima de um buraco, por exemplo.

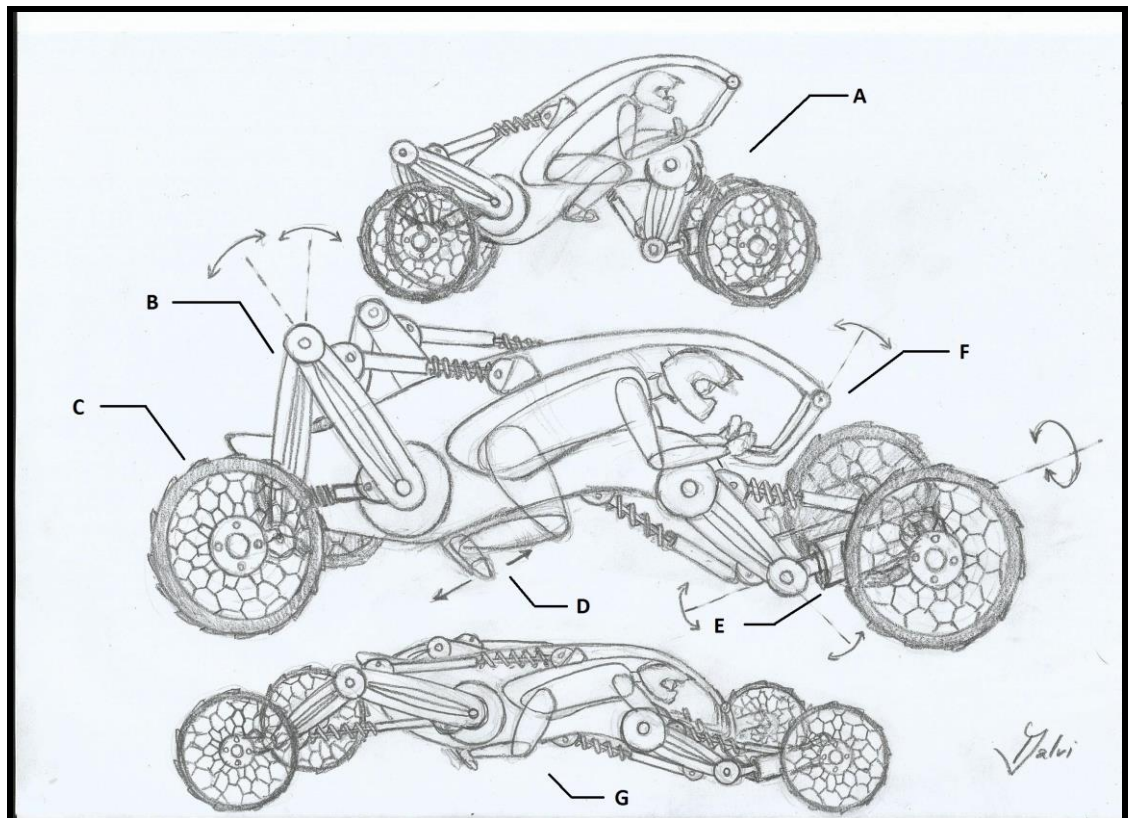
Desenho 2. Alternativa 2. (Fonte: autor)



Para a segunda alternativa (Desenho 2), o controle da suspensão é realizado de forma parecida ao desenho (1), em (B) para dianteira e (E) para a traseira através do longo curso do sistema (F). Já o controle de cambagem é feito em (A) ao girar o próprio braço de suspensão. O desenho é inspirado na tartaruga, por sua robustez e proteção (C) e possui um banco confortável que apoia as costas do piloto.

A terceira alternativa (Desenho 3) foi projetada com analogia à biônica dos insetos louva deus e grilo. Ambos possuem grande força e mobilidade em suas patas.

Desenho 3. Alternativa 3. (Fonte: autor)



As rodas e pneus (C) são feitas em estrutura de colmeia, projetada para se deformar de acordo com os impactos. O sistema de suspensão traseiro (B), relativo as patas traseiras do grilo, possuem alta capacidade para saltos, devido ao longo curso. A suspensão dianteira, inspirada nas patas dianteiras do louva deus, integra a capacidade do veículo ao passar de uma posição elevada (A), para uso em terrenos acidentados, à uma posição rebaixada (G), com o entre-eixos aumentado e voltado para altas velocidades. O sistema de cambagem é realizado por girar o guidão no sentido do ângulo de cambagem, e o curso da suspensão é alterado movimentando guidão inteiro (F) e o pedal (D) para movimentar a dianteira e traseira, respectivamente.

7.2.3 Seleção e adequação

Com o objetivo de solucionar o problema do projeto, a etapa de seleção e adequação irá definir a melhor alternativa diante das constatações realizadas com as análises que permitiram entender o objetivo do conceito a ser proposto.

Para os aspectos tecnológicos, o veículo deve atender as características funcionais referentes à suspensão, direção, *powertrain*, ergonomia, estrutura, elétrica, dinâmica, design, custo e segurança.

A alternativa selecionada deve além de conter os aspectos de funcionalidade, tecnológicos, estéticos e simbólicos, atender aos requisitos de projeto.

8 RESULTADO DA CONCEPÇÃO DO PROJETO

8.1 SELEÇÃO DA ALTERNATIVA

Para o desenvolvimento deste projeto foram desenvolvidas três alternativas que estavam mais de acordo com as necessidades e características do projeto, apenas uma das alternativas foi à escolha final do processo de pesquisa e geração de alternativas adequada de acordo com os conceitos, desejos do público, estética, funcionalidade.

A alternativa selecionada foi a número 3, o **Cricket** (Fig. 24). O modelo irá possuir duas posições de pilotagem, uma esportiva, na qual o piloto ficará em uma posição mais inclinada e agressiva, visando um maior desempenho em altas velocidades e a outra posição, de passeio, visa uma postura mais confortável para o piloto.

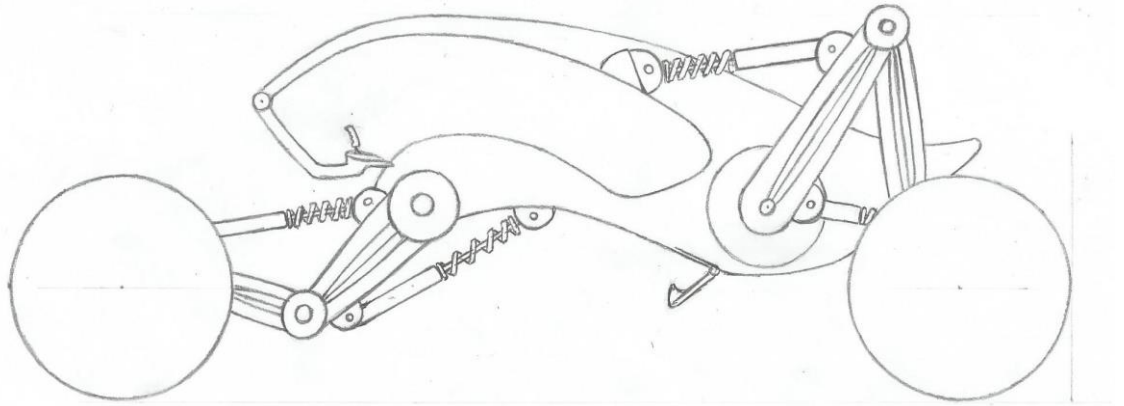


Figura 24. Vista lateral da alternativa selecionada (Cricket).

8.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO CAD

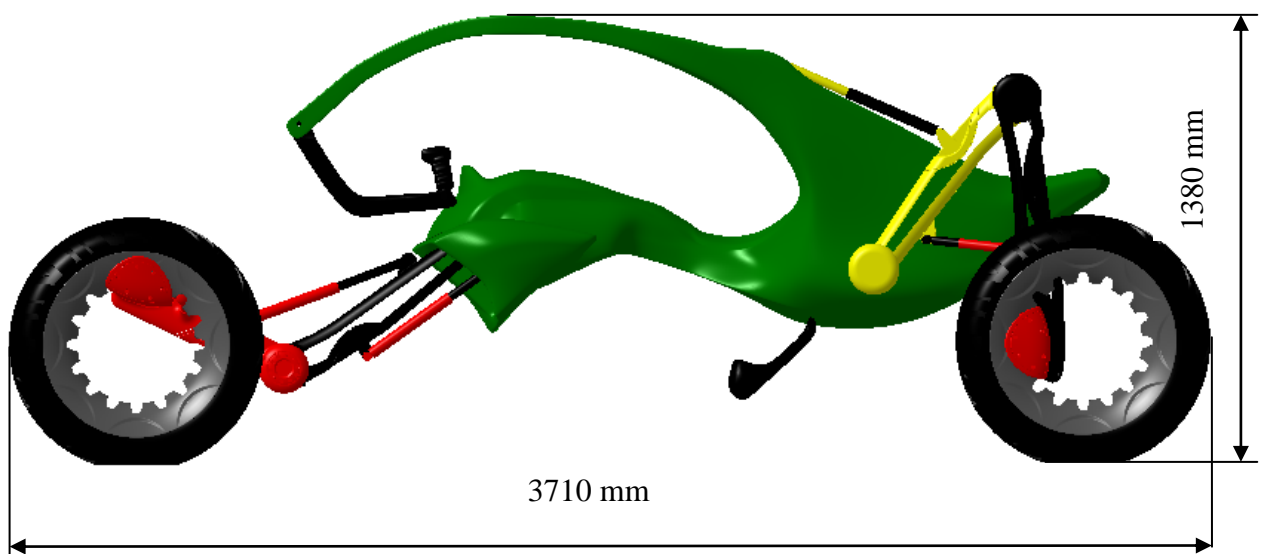


Figura 25. Vista lateral do Cricket posição esportiva.



Figura 26. Vista frontal do Cricket posição esportiva.

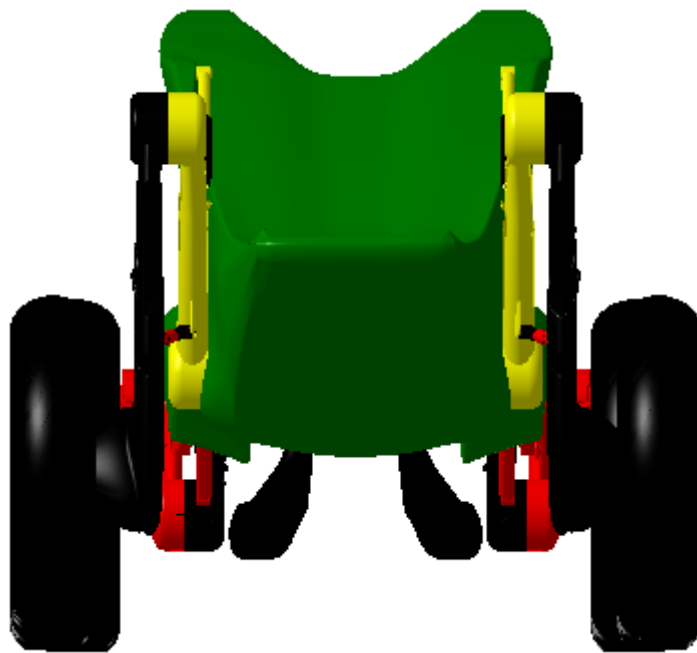


Figura 27. Vista traseira do Cricket posição esportiva.

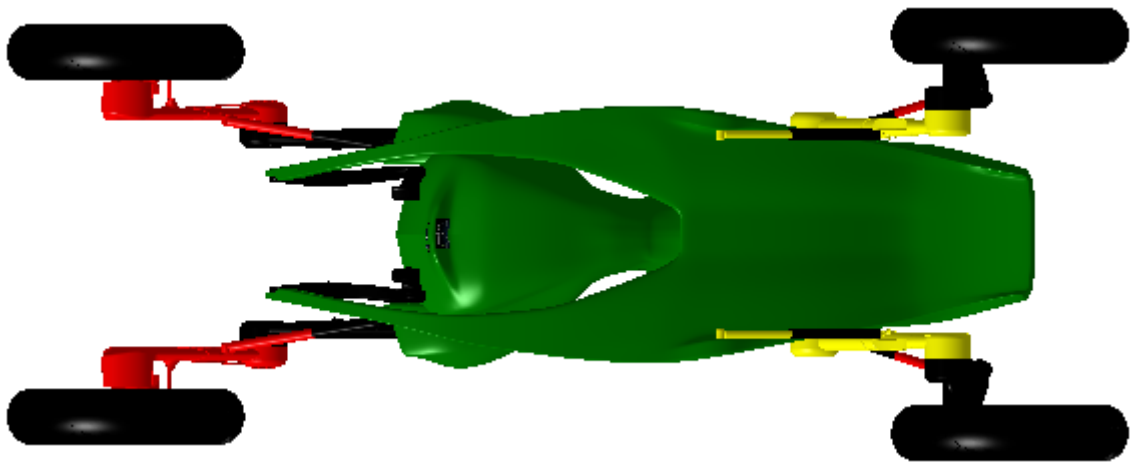


Figura 28. Vista superior do Cricket posição esportiva.

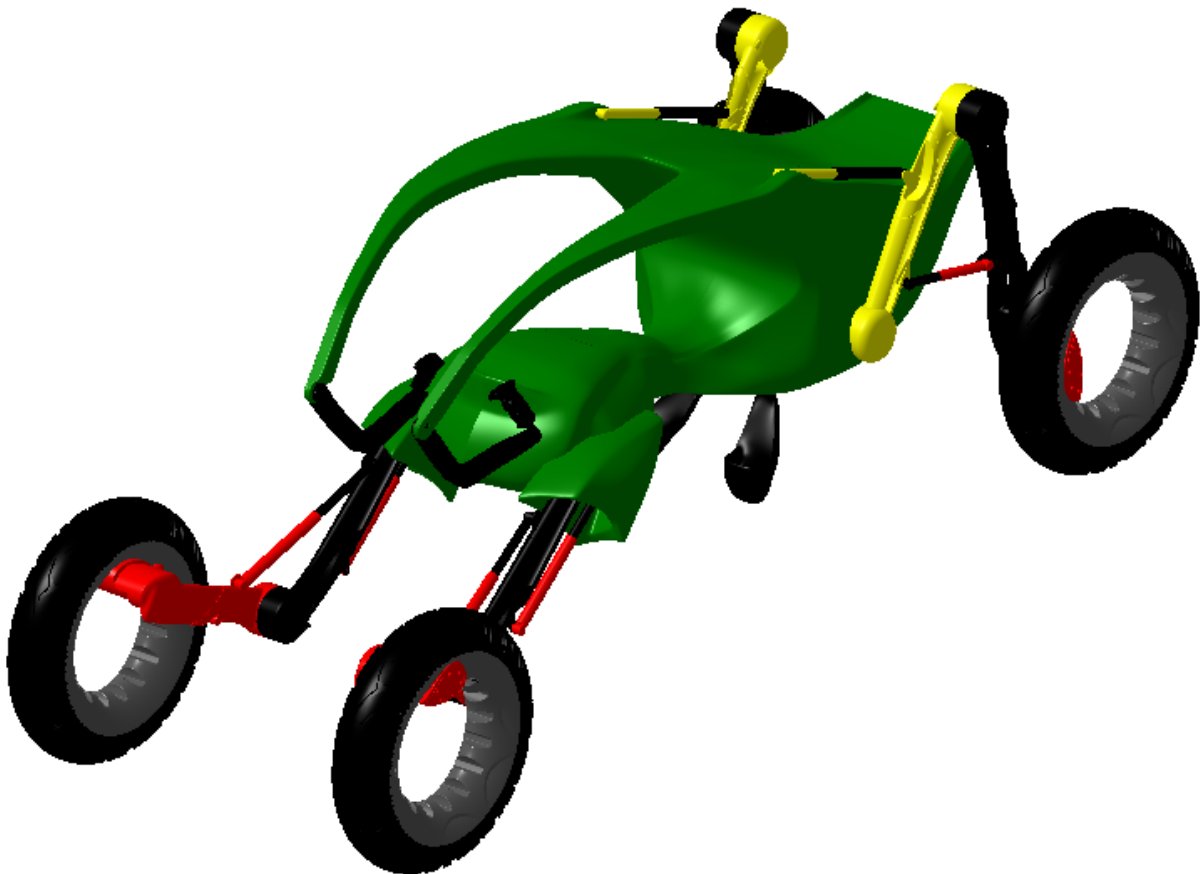


Figura 29. Vista isométrica do Cricket posição esportiva.

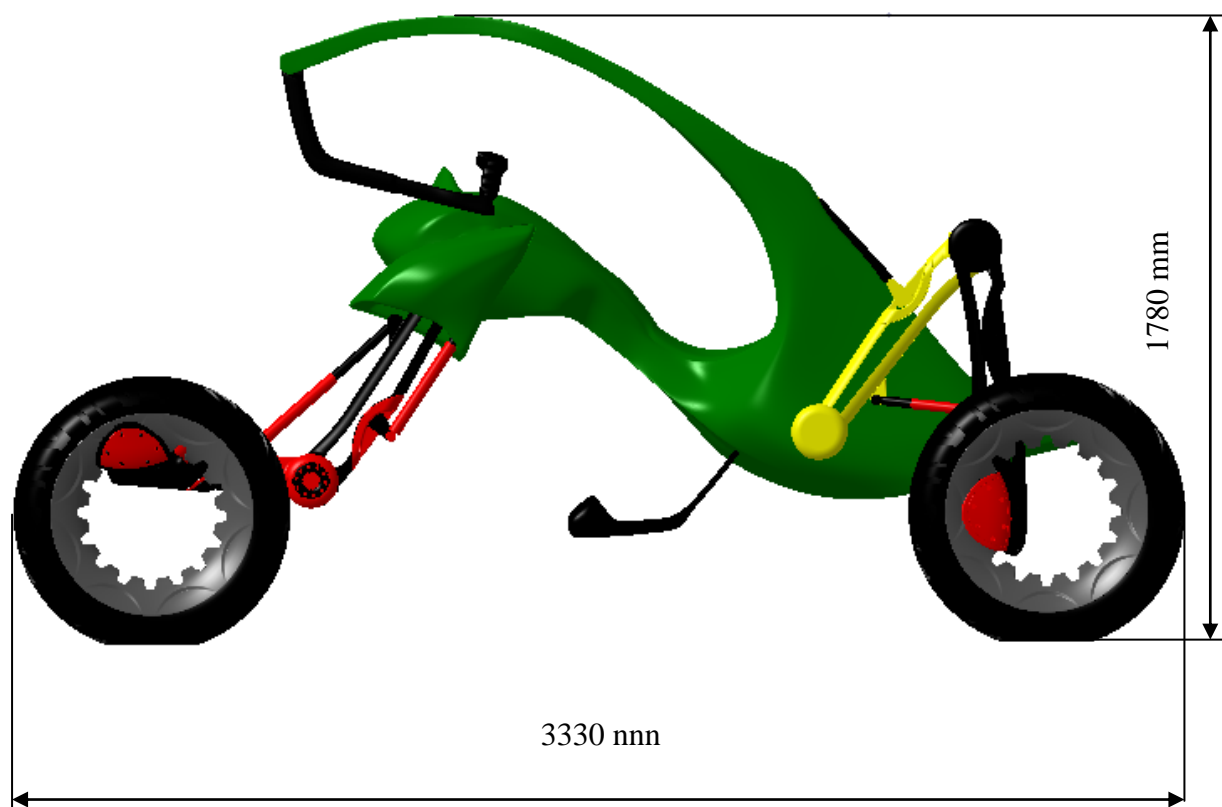
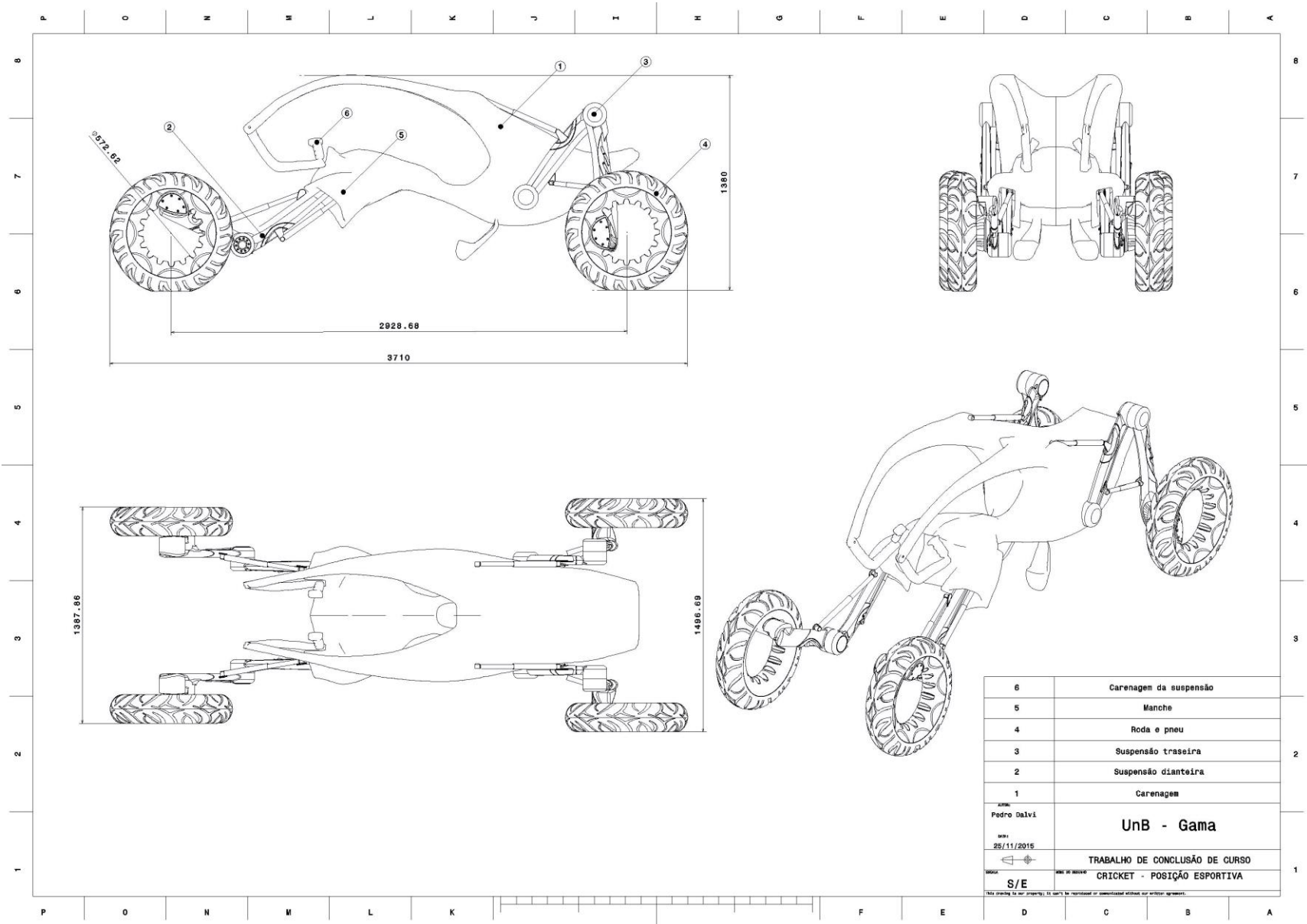


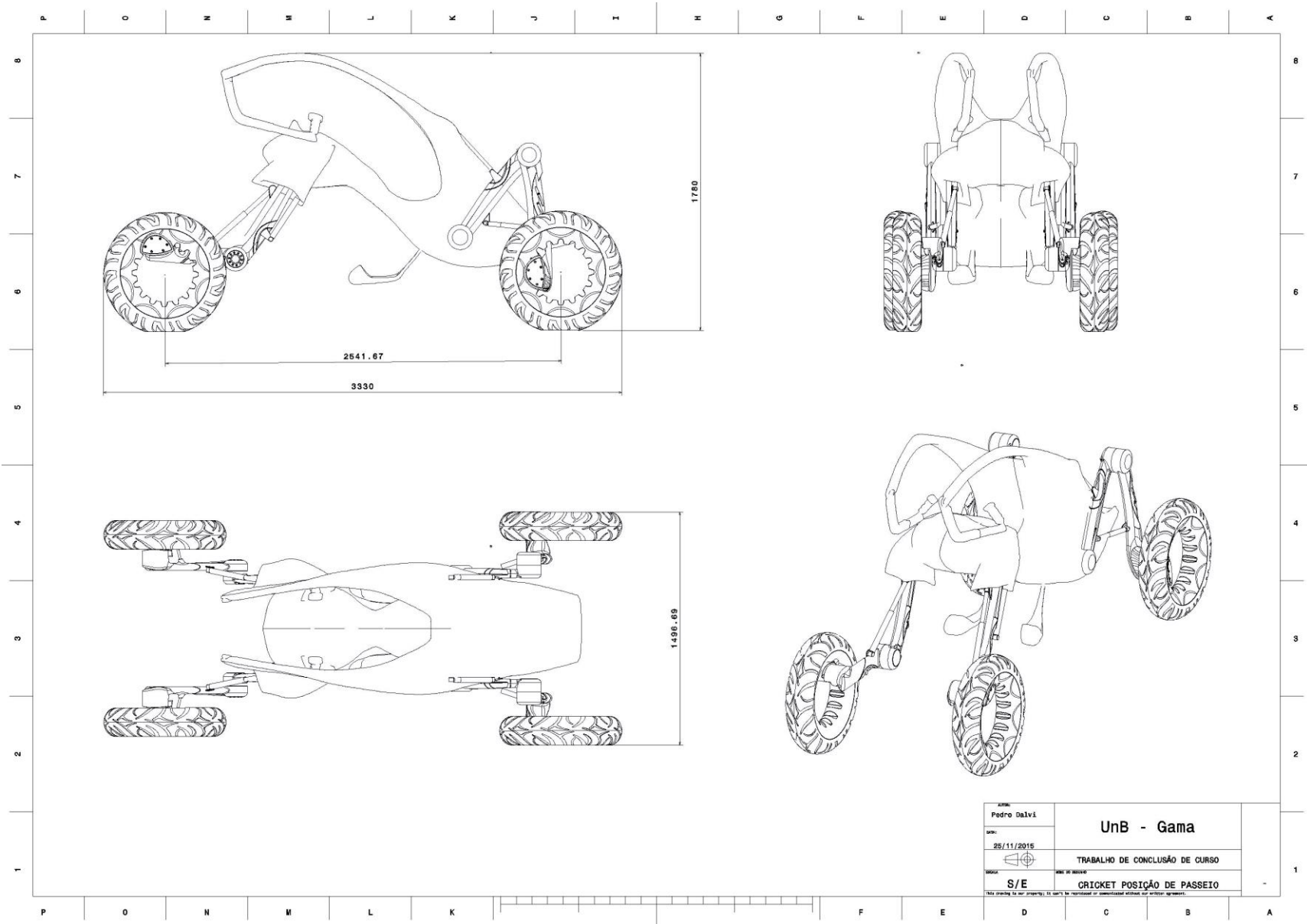
Figura 30. Vista lateral do Cricket posição de passeio.

Os modelos CAD com trabalhos de imagem realizados em softwares especializados encontram-se no apêndice A.

8.3 DESENHOS TÉCNICOS

Os desenhos técnicos foram realizados através das montagens gerais da posição esportiva e de passeio que serão mostrados a seguir. As subdivisões: 1 – carenagem, 2 – suspensão dianteira, 3 – suspensão traseira, 4 – roda e pneu, 5 – carenagem da suspensão e 6 – manche estão disponíveis no apêndice A.





9 ANÁLISE DE ERGONOMIA

A análise ergonômica estuda as condições de trabalho em que as pessoas estão submetidas ao realizar uma atividade. Quando um piloto está conduzindo um veículo, executa atividades corporais tão intensas quanto à de um operário em seu posto de trabalho. O corpo do condutor está submetido a esforços da posição de pilotagem e das forças transmitidas do veículo.

Estudos indicam que se o veículo for dimensionado utilizando um manequim de 95% masculino e um manequim 5% feminino este será capaz de acomodar 90% da população escolhida. Como o CATIA não possui em seu banco de dados às características da população brasileira, utilizou-se dados dos franceses, visto que possuem valores próximos.

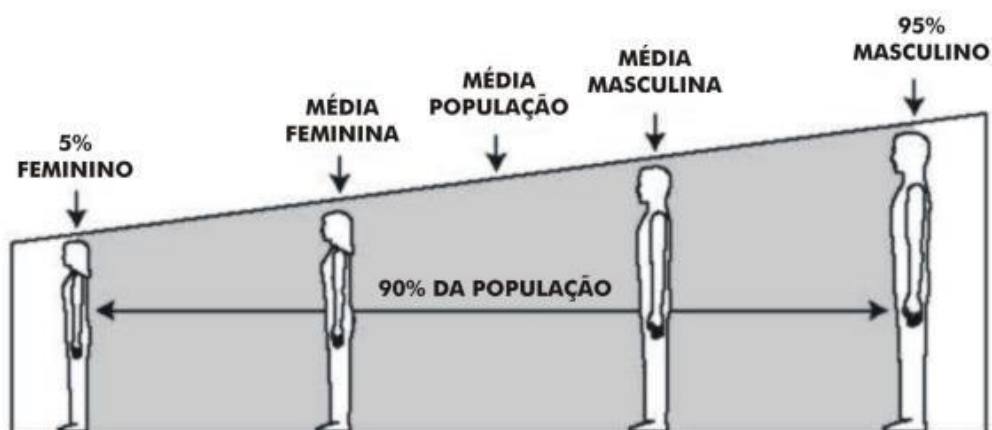


Figura 31. Representação gráfica de 90% da população. (Fonte: Ergonomics Data & Mounting Heights)

9.1 MANEQUINS UTILIZADOS

O CATIA dispõe de manequins que representam a figura humana para realização das análises ergonômicas e que podem simular seus movimentos. Esses manequins respeitam as características ergométricas das seguintes opções de nacionalidades: Americana, Canadense, Francesa, Japonesa e Coreana. Assim pode-se escolher o gênero do boneco (masculino ou feminino) e a percentagem (indica a quantidade de massa e altura do manequim de acordo com as características de sua nacionalidade). De acordo com o explicado anteriormente,

serão utilizados dois manequins para a análise, um do gênero masculino com percentil 95 e outro do gênero feminino com percentil 5.

9.1.1 Manequim masculino percentil 95

A primeira análise ergonômica foi realizada através de um manequim no CATIA com as seguintes características: Percentil 95, americano, sexo masculino, altura aproximada de 1,86 m e massa de 96,75 Kg. Ao fazer os ajustes no piloto, colocando-o na posição correta de sentar, apoiando seus pés aos pedais e ajeitando suas mãos ao guidom obtém-se uma condição normal ao qual o condutor estará submetido quando estiver pilotando na posição esportiva e de passeio do veículo. Essa representação é mostrada na figura a seguir.



Figura 32. Veículo com o piloto percentil 95 masculino posição esportiva.

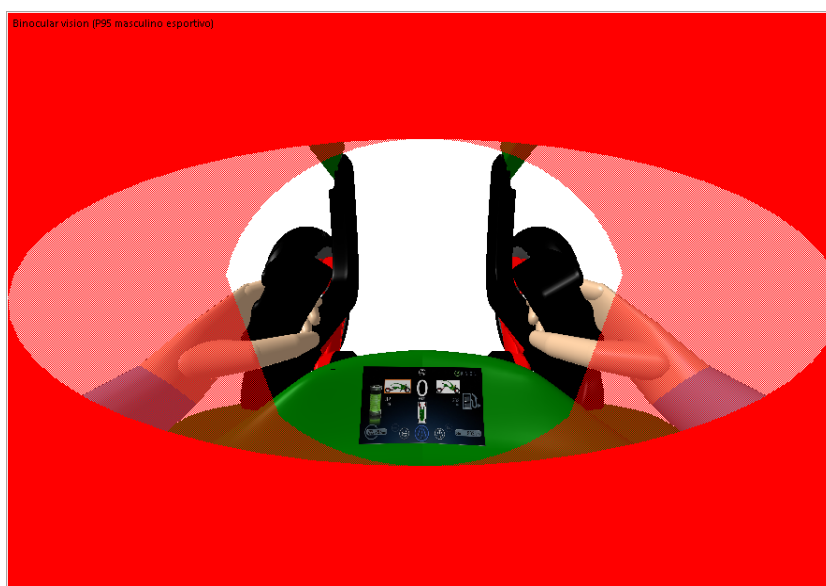


Figura 33. Visão binocular (com visão periférica) do piloto percentil 95 masculino posição esportiva.

Através da perspectiva do piloto, como mostrado na ilustração acima, observa-se que ele possui uma visão periférica para as laterais do veículo, uma boa vista frontal, do painel e guidom.



Figura 34. Veículo com o piloto percentil 95 masculino posição de passeio.

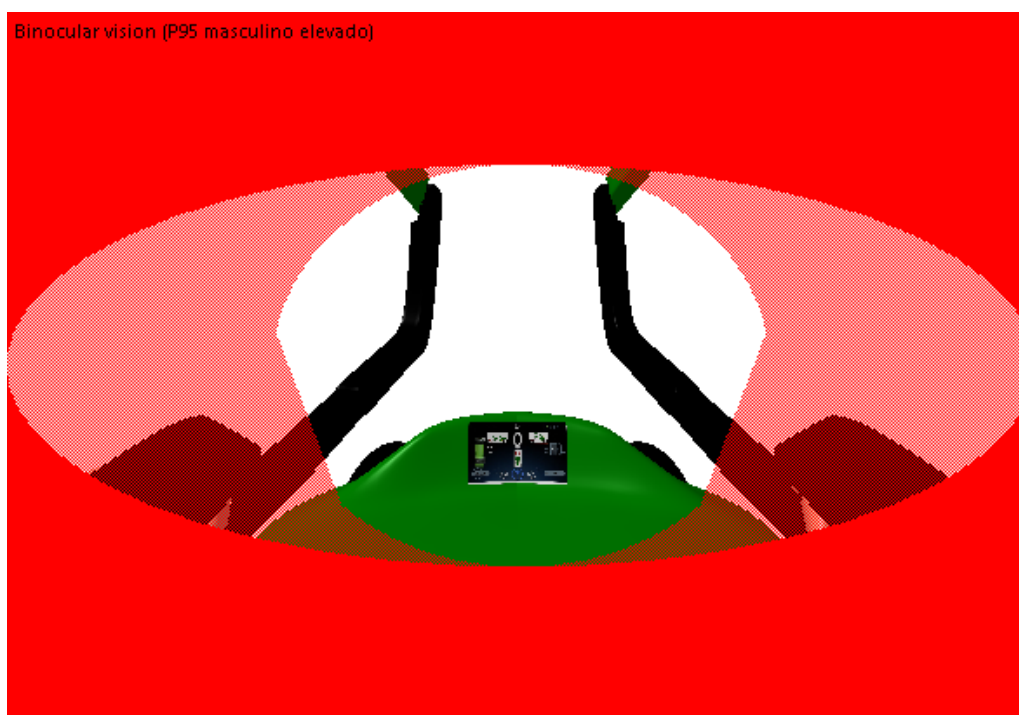


Figura 35. Visão binocular (com visão periférica) do piloto percentil 95 masculino posição de passeio.

9.1.2 Manequim feminino percentil 5

A segunda análise ergonômica foi realizada através de um manequim no CATIA com as seguintes características: Percentil 5, americano, sexo feminino, altura aproximada de 1,52 m e massa de 48,27 Kg. Após a realização do posicionamento do manequim para a posição esportiva e de passeio do veículo, a representação é mostrada na figura a seguir.

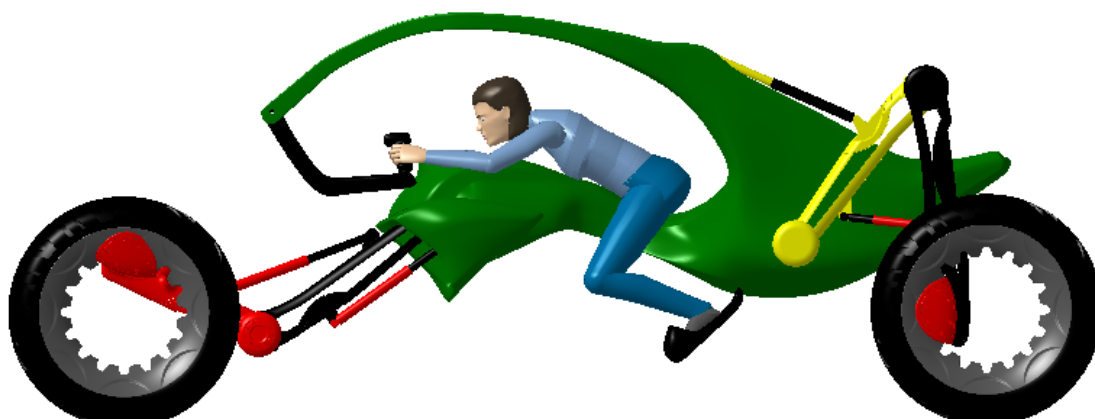


Figura 36. Veículo com o piloto percentil 5 feminino posição esportiva.

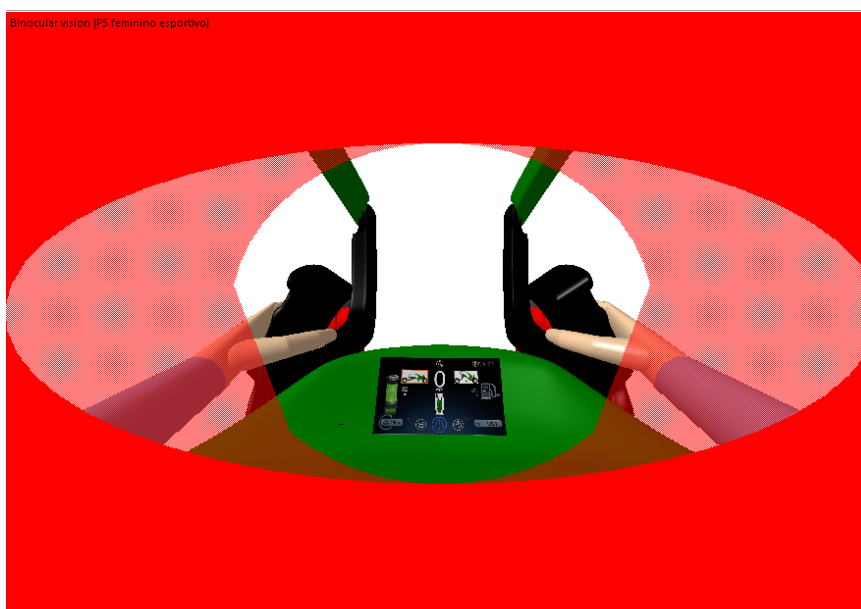


Figura 37. Visão binocular (com visão periférica) do piloto percentil 5 feminino posição esportiva.



Figura 38. Veículo com o piloto percentil 5 feminino posição de passeio

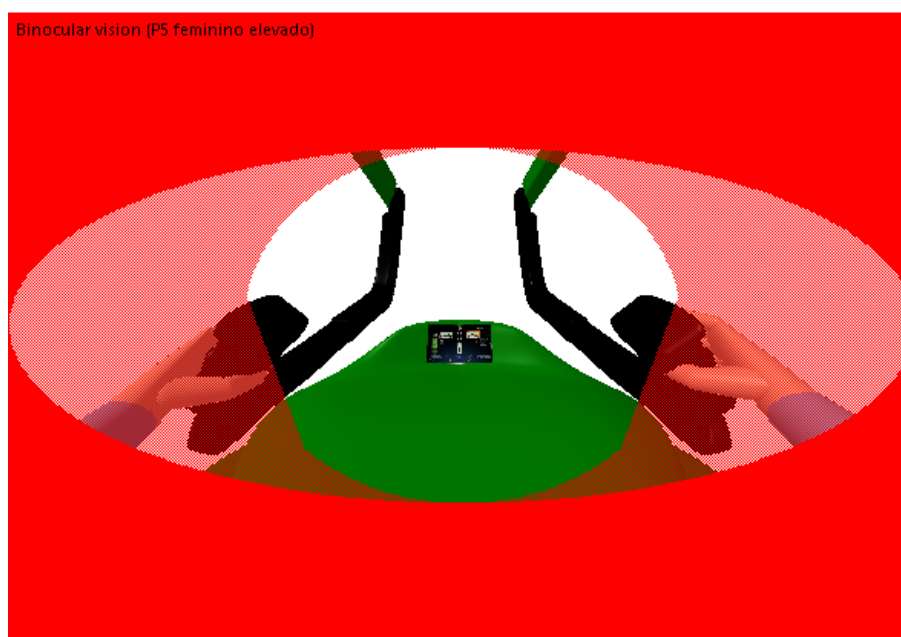


Figura 39. Visão binocular (com visão periférica) do piloto percentil 5 feminino posição de passeio.

9.2 BOLHA DE ALCANCE DA MÃO

O CATIA possui uma ferramenta que permite verificar até onde a mão do manequim consegue atingir considerando as limitações do próprio corpo. Com ela é possível verificar se o motorista tem fácil acesso aos componentes, tais como dispositivos de ajustes, guidom, pedal e painel.

9.2.1 Bolha de alcance manequim masculino percentil 95

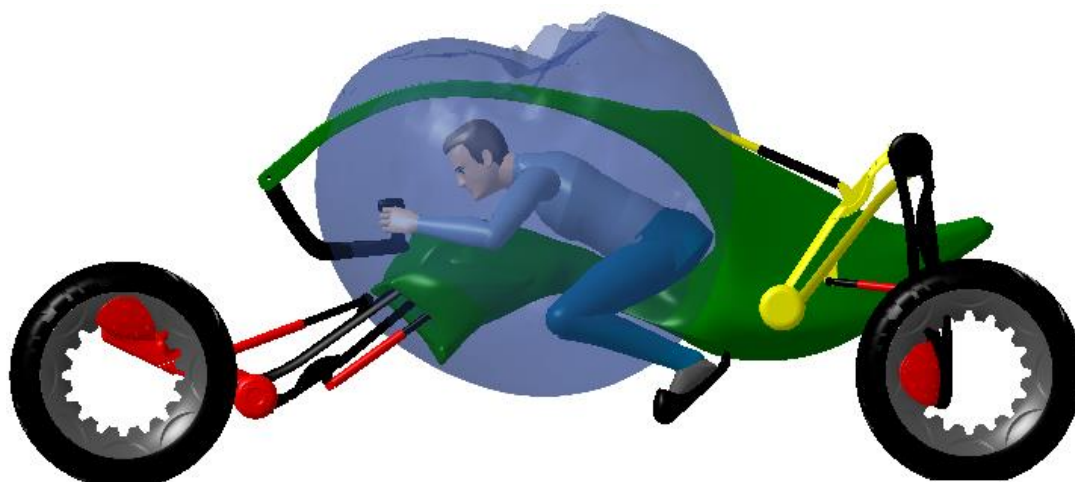


Figura 40. Bolha de alcance do piloto percentil 95 masculino esportivo (vista lateral).

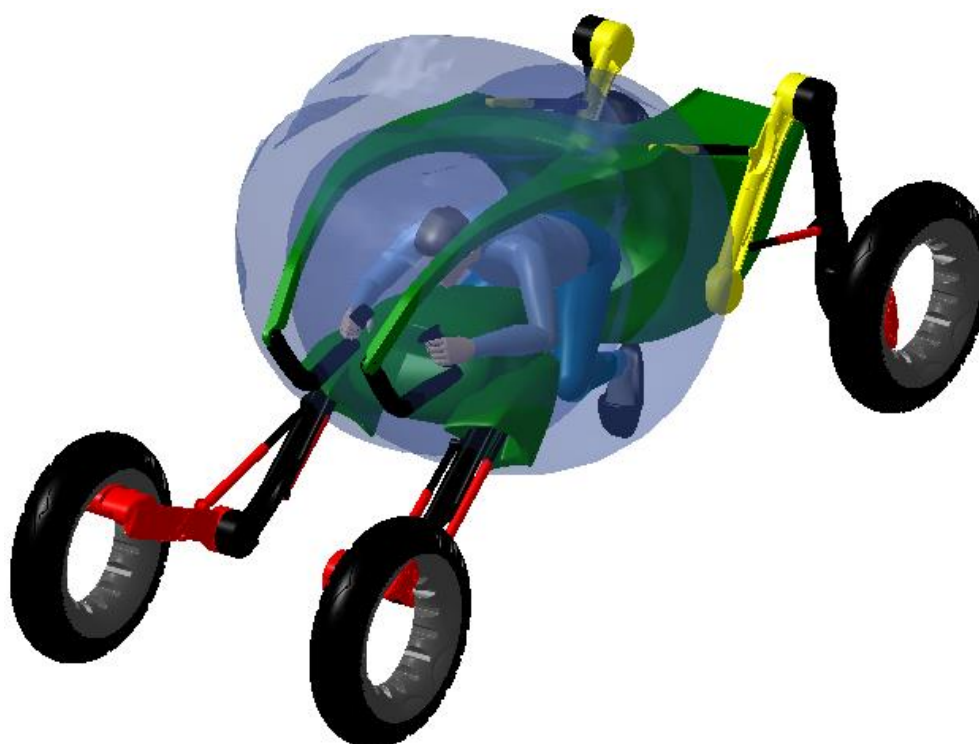


Figura 41. Bolha de alcance do piloto percentil 95 masculino esportivo (vista isométrica).



Figura 42. Bolha de alcance do piloto percentil 95 masculino de passeio (vista lateral).

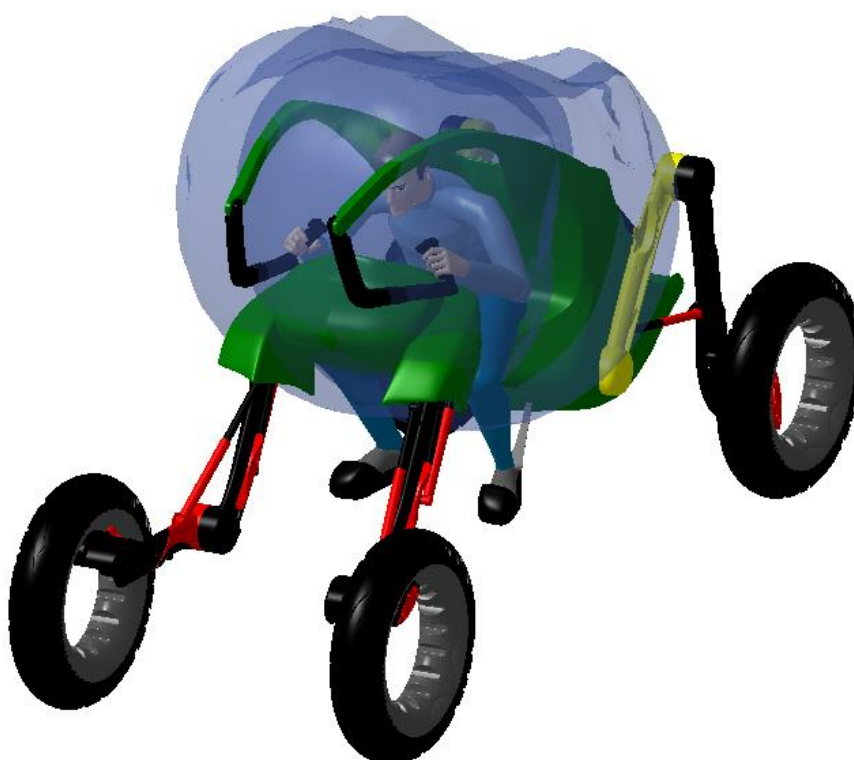


Figura 43. Bolha de alcance do piloto percentil 95 masculino de passeio (vista isométrica).

Ao observar o alcance máximo da mão direita e esquerda do piloto percebe-se que ele tem total acesso a todos os componentes do guidom e painel.

9.2.2 Bolha de alcance manequim feminino percentil 5



Figura 44. Bolha de alcance do piloto percentil 5 feminino posição esportiva (vista lateral).



Figura 45. Bolha de alcance do piloto percentil 5 feminino posição esportiva (vista isométrica).

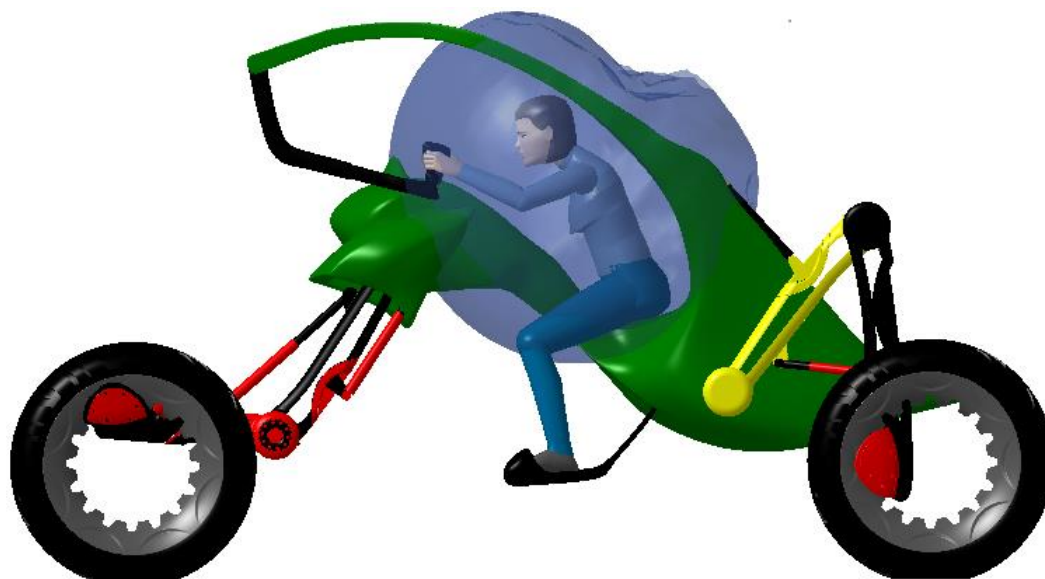


Figura 46. Bolha de alcance do piloto percentil 5 feminino posição de passeio (vista lateral).



Figura 47. Bolha de alcance do piloto percentil 5 feminino posição de passeio (vista isométrica).

O acesso aos componentes continua igual, mesmo considerando a grande diferença de estatura dos manequins.

9.3 ANÁLISE DE RULA

RULA significa *Rapid Upper Limb Assessment*, ou seja, rápida avaliação do membro superior. Na ergonomia RULA é um método de pesquisa que foi desenvolvido para investigar o local de trabalho onde os esforços dos membros superiores são relatados. É uma ferramenta que avalia a carga biomecânica e postural em todo o corpo, com mais foco no pescoço, tronco e membros superiores. A avaliação do RULA gera uma lista de ações que indica o nível de intervenção necessária para reduzir o risco de ferimentos devido à carga física imposta sobre o operador, seu resultado varia entre 0 e 7. O significado de cada resultado está descrito no quadro abaixo.

Quadro 9. Significado dos resultados em uma análise de RULA.

Resultado RULA	Descrição
1-2	Postura é aceita desde que não seja mantida por muito tempo
3-4	Investigação futura é necessária e mudanças podem ser necessárias
5-6	Investigação e mudanças devem ser realizadas em breve
7	Investigação e mudanças devem ser realizadas imediatamente

Quadro 10. Associação da cor à pontuação de cada item.

Segmento	Pontuação	Cor associada à pontuação					
		1	2	3	4	5	6
Braço	1 a 6						
Antebraço	1 a 3						
Punho	1 a 4						
Torção do punho	1 a 2						
Pescoço	1 a 6						
Tronco	1 a 6						

9.3.1 Análise RULA manequim masculino percentil 95

Realizando a análise de RULA existente no CATIA, utilizando uma postura intermitente e com a opção de braços apoiados ativa, obteve-se como resultado para o veículo com posição esportiva (Fig. 48) e para o veículo com posição de passeio (Fig. 49):

RULA Analysis (P95 masculino esportivo)

Side: ☐ Left ☒ Right

Parameters

Posture
☐ Static ☒ Intermittent ☐ Repeated

Repeat Frequency
☒ < 4 Times/min. ☐ > 4 Times/min.

☒ Arm supported/Person leaning
☐ Arms are working across midline
☐ Check balance

Load: 0kg

Score
 Final Score: 6
 Investigate further and change soon

Details

Upper Arm:	4	
Forearm:	2	
Wrist:	2	
Wrist Twist:	1	
Posture A:	4	
Muscle:	0	
Force/Load:	0	
Wrist and Arm:	4	
Neck:	4	
Trunk:	3	
Leg:	1	
Posture B:	6	
Neck, Trunk and Leg:	6	

Close

Figura 48. Análise de RULA do piloto percentil 95 masculino posição esportiva.

Resultados obtidos para a posição esportiva: Braço: 4; Antebraço: 2; Pulso: 2; Torção do pulso: 1; Postura A: 4; Musculatura: 0; Força / carga: 0; Punho e braço: 4; Pescoço: 4; Tronco: 3; Perna: 1; Postura B: 6; Pescoço, tronco e perna: 6.

RULA Analysis (P95 masculino elevado)

Side: ☐ Left ☒ Right

Parameters

Posture
☐ Static ☒ Intermittent ☐ Repeated

Repeat Frequency
☒ < 4 Times/min. ☐ > 4 Times/min.

☒ Arm supported/Person leaning
☐ Arms are working across midline
☐ Check balance

Load: 0kg

Score
 Final Score: 6
 Investigate further and change soon

Details

Upper Arm:	3	Yellow bar
Forearm:	2	Yellow bar
Wrist:	2	Yellow bar
Wrist Twist:	1	Green bar
Posture A:	4	Yellow bar
Muscle:	0	Green bar
Force/Load:	0	Green bar
Wrist and Arm:	4	Yellow bar
Neck:	4	Yellow bar
Trunk:	3	Yellow bar
Leg:	1	Green bar
Posture B:	6	Yellow bar
Neck, Trunk and Leg:	6	Orange bar

Close

Figura 49. Análise de RULA do piloto percentil 95 masculino posição de passeio.

Resultados obtidos para a posição de passeio: Braço: 3; Antebraço: 2; Pulso: 2; Torção do pulso: 1; Postura A: 4; Musculatura: 0; Força / carga: 0; Punho e braço: 4; Pescoço: 4; Tronco: 3; Perna: 1; Postura B: 6; Pescoço, tronco e perna: 6.

Através resultado obtido, pode-se concluir que mudanças podem ser feitas futuramente, se o piloto for dirigir por longas horas, caso contrário, este não vai se sentir incomodado ou desconfortável.

9.3.2 Análise RULA manequim feminino percentil 5

Com os mesmo parâmetros sendo aplicados da postura intermitente e com a opção de braços apoiados ativa, obteve-se como resultado para o veículo com posição esportiva (Fig. 50) e para o veículo com posição de passeio (Fig. 51):

RULA Analysis (P5 feminino esportivo)

Side: ☐ Left ☒ Right

Parameters

Posture

☐ Static ☒ Intermittent ☐ Repeated

Repeat Frequency

☒ < 4 Times/min. ☐ > 4 Times/min.

☒ Arm supported/Person leaning

☐ Arms are working across midline

☐ Check balance

Load: 0kg

Score

Final Score: 6

Investigate further and change soon

Details

Upper Arm:	3	
Forearm:	3	
Wrist:	2	
Wrist Twist:	1	
Posture A:	4	
Muscle:	0	
Force/Load:	0	
Wrist and Arm:	4	
Neck:	4	
Trunk:	3	
Leg:	1	
Posture B:	6	
Neck, Trunk and Leg:	6	

Close

Figura 50. Análise de RULA do piloto percentil 5 feminino posição esportiva.

Resultados obtidos para a posição esportiva: Braço: 3; Antebraço: 3; Pulso: 2; Torção do pulso: 1; Postura A: 4; Musculatura: 0; Força / carga: 0; Punho e braço: 4; Pescoço: 4; Tronco: 3; Perna: 1; Postura B: 6; Pescoço, tronco e perna: 6.

RULA Analysis (P5 feminino elevado)

Side: ☐ Left ☒ Right

Parameters

Posture

☐ Static ☒ Intermittent ☐ Repeated

Repeat Frequency

☒ < 4 Times/min. ☐ > 4 Times/min.

☒ Arm supported/Person leaning

☐ Arms are working across midline

☐ Check balance

Load: 0kg

Score

Final Score: 6

Investigate further and change soon

Details

Upper Arm:	4	
Forearm:	3	
Wrist:	2	
Wrist Twist:	1	
Posture A:	4	
Muscle:	0	
Force/Load:	0	
Wrist and Arm:	4	
Neck:	4	
Trunk:	3	
Leg:	1	
Posture B:	6	
Neck, Trunk and Leg:	6	

Close

Figura 51. Análise de RULA do piloto percentil 5 feminino posição esportiva.

Resultados obtidos para a posição de passeio: Braço: 4; Antebraço: 3; Pulso: 2; Torção do pulso: 1; Postura A: 4; Musculatura: 0; Força / carga: 0; Punho e braço: 4; Pescoço: 4; Tronco: 3; Perna: 1; Postura B: 6; Pescoço, tronco e perna: 6.

A pontuação final continuou sendo a mesmo do percentil 95 masculino para posição esportiva e para a posição elevada, porém pode-se observar uma maior concentração de desconforto no antebraço pelo fato deste ficar mais esticado e elevado, mas não atingindo um nível alarmante.

9.3.3 Análise de um ATV convencional

Será feita a análise ergonômica de um ATV convencional de 650 cc para que seja realizada uma comparação com projeto do Cricket.

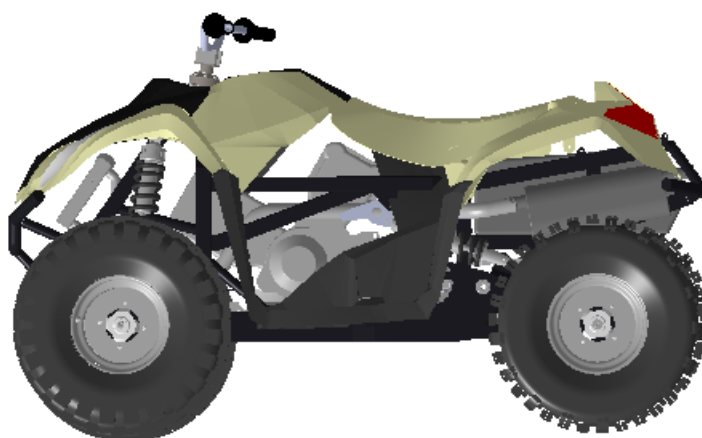


Figura 52. Vista lateral do ATV convencional.



Figura 53. Vista isométrica do ATV convencional.

Análise RULA do ATV convencional manequim masculino percentil 95



Figura 54. Vista lateral do ATV convencional com o piloto percentil 95 masculino.

RULA Analysis (P95 masculino ATV)

Side: ☐ Left ☒ Right

Parameters

Posture
☐ Static ☒ Intermittent ☐ Repeated

Repeat Frequency
☒ < 4 Times/min. ☐ > 4 Times/min.

☒ Arm supported/Person leaning
☐ Arms are working across midline
☐ Check balance

Load: 0kg

Score
Final Score: 5
Investigate further and change soon

Details

+ Upper Arm:	1	■
+ Forearm:	1	■
+ Wrist:	2	■
+ Wrist Twist:	2	■
Posture A:	2	■
Muscle:	0	■
Force/Load:	0	■
Wrist and Arm:	2	■
+ Neck:	4	■
+ Trunk:	3	■
Leg:	1	■
Posture B:	6	■
Neck, Trunk and Leg:	6	■

Close

Figura 55. Análise de RULA do piloto percentil 95 masculino no ATV convencional.

Resultados obtidos para o ATV pelo manequim masculino: Braço: 1; Antebraço: 1; Pulso: 2; Torção do pulso: 2; Postura A: 2; Musculatura: 0; Força / carga: 0; Punho e braço: 2; Pescoço: 4; Tronco: 3; Perna: 1; Postura B: 6; Pescoço, tronco e perna: 6.

O fator mais preocupante da ergonomia do ATV convencional é a torção no punho pelo fato do guidom ser paralelo ao chão, ocasionando em uma posição não usual do punho.

Análise RULA do ATV convencional manequim feminino percentil 5



Figura 56. Vista lateral do ATV convencional com o piloto percentil 5 feminino.

RULA Analysis (P5 feminino ATV)

Side: ☐ Left ☒ Right

Parameters

Posture
☐ Static ☒ Intermittent ☐ Repeated

Repeat Frequency
☒ < 4 Times/min. ☐ > 4 Times/min.

☒ Arm supported/Person leaning
☐ Arms are working across midline
☐ Check balance

Load: 0kg

Score
Final Score: 5
Investigate further and change soon

Details

+ Upper Arm:	2	■
+ Forearm:	1	■
+ Wrist:	2	■
+ Wrist Twist:	1	■
Posture A:	3	■
Muscle:	0	■
Force/Load:	0	■
Wrist and Arm:	3	■
+ Neck:	4	■
+ Trunk:	3	■
Leg:	1	■
Posture B:	6	■
Neck, Trunk and Leg:	6	■

Close

Figura 57. Análise de RULA do piloto percentil 5 feminino no ATV convencional.

Resultados obtidos para o ATV pelo manequim feminino: Braço: 2; Antebraço: 1; Pulso: 2; Torção do pulso: 1; Postura A: 3; Musculatura: 0; Força / carga: 0; Punho

e braço: 3; Pescoço: 4; Tronco: 3; Perna: 1; Postura B: 6; Pescoço, tronco e perna: 6.

9.4 ANÁLISE COMPARATIVA DO CRICKET COM O ATV CONVENCIONAL

Quadro 11. Comparativo ergonômico entre o Cricket e o ATV convencional.

Segmentos	Cricket pos. esportiva		Cricket pos. de passeio		ATV convencional	
	P95 m	P5 f	P95 m	P5 f	P95 m	P5 f
Manequim						
Braço	4	3	3	4	1	2
Antebraço	2	3	2	3	1	1
Punho	2	2	2	2	2	2
Torção do punho	1	1	1	1	2	1
Postura	4	4	4	4	2	3
Musculatura	0	0	0	0	0	0
Força / carga	0	0	0	0	0	0
Punho e braço	4	4	4	4	2	3
Pescoço	4	4	4	4	4	4
Tronco	3	3	3	3	3	3
Perna	1	1	1	1	1	1
Postura	6	6	6	6	6	6
Pescoço, tronco e perna	6	6	6	6	6	6
Pontuação final	6	6	6	6	5	5

O resultado da comparação foi positivo, com destaque para o ótimo posicionamento do punho devido ao ângulo do manche ser neutro em relação ao antebraço, de forma a não ser necessário torcê-lo. A pontuação final do conceito ficou um ponto a mais que o ATV convencional pelo fato das mãos do piloto ficarem próximas ao nível do ombro, resultando em uma menor nota por esse aspecto. Em relação à análise dos outros segmentos do corpo, os resultados foram parecidos, sendo o conforto considerado satisfatório para este segmento de veículo.

9.5 ANÁLISE DE *CLEARANCE* DA CABEÇA

A análise de *clearance* da cabeça estuda a distância da cabeça (no caso, do capacete) até a estrutura superior para saber se a proximidade é aceitável.



Figura 58. Análise de *CLEARANCE* do piloto percentil 95 masculino (vista isométrica).



Figura 59. Análise de *CLEARANCE* do piloto percentil 95 masculino (vista frontal).



Figura 60. Análise de *CLEARANCE* do piloto percentil 5 feminino (vista isométrica).



Figura 61. Análise de *CLEARANCE* do piloto percentil 5 feminino (vista frontal).

A menor distância do capacete à estrutura superior foi de 198,4 mm para o percentil 95 masculino, resultando em um espaço seguro para movimentações.

10 FUNCIONAMENTO DA SUSPENSÃO

Suspensão a ar ou suspensão pneumática não é um conceito recente. Foi concebido na década de 1920 pela Messier, e difundida no final da década de 1940 nos Estados Unidos, buscando melhorias na estabilidade para os veículos de competição. O invento foi bem sucedido e logo foram criadas novas aplicações para o produto. A Plymouth, já na década de 1950, oferecia como opcional um sistema simples de bolsa calibrável a ar com o intuito de nivelar o veículo quando carregado.

Uma outra vertente, mais recente, são os sistemas “100% a ar”, inicialmente utilizados em ônibus e caminhões e agora em veículos de passeio, onde a suspensão mecânica é substituída completamente por cilindros pneumáticos. Algumas montadoras como Daimler-Chrysler, BMW e Land Rover já dispõem há alguns anos, de modelos equipados com suspensões somente a ar, totalmente automatizadas e programáveis.

A suspensão a ar contém principalmente, os seguintes componentes: compressor, cilindro, relógios e bolsas.



Figura 62. Componentes de uma suspensão a ar.

Como funciona no lugar das molas do veículo, são colocadas bolsas que quando o sistema é acionado seguram o ar dentro delas fazendo assim com que o veículo levante, quando o sistema é acionado novamente o ar é jogado de dentro das bolsas para fora fazendo assim com que o veículo se rebaixe ao limite extremo. Porém existe a necessidade de um sistema que regule a altura de rodagem, a válvula niveladora.

O funcionamento da suspensão do Cricket é alimentado a partir do compressor elétrico que comprime o ar e o armazena em um cilindro de alumínio. Quando o piloto envia o comando através do manche, o sistema altera a pressão para cilindros atuadores da suspensão dianteira, de forma a comprimi-los ou expandi-los com uma velocidade de acordo com a intensidade do comando. O mesmo acontece para a suspensão traseira, mas com o comando realizado pelo pedal. Assim é possível levantar as rodas separadamente para ultrapassar obstáculos, modificar entre posição de passeio e esportiva (através do comando no painel) e também realizar pequenos saltos acionando-se as rodas simultaneamente.

11 FUNCIONAMENTO DA TRANSMISSÃO

O sistema de transmissão da rotação proveniente do motor elétrico à roda, é realizado através de uma simples relação de duas engrenagens, como mostra a Fig. (63) a seguir.

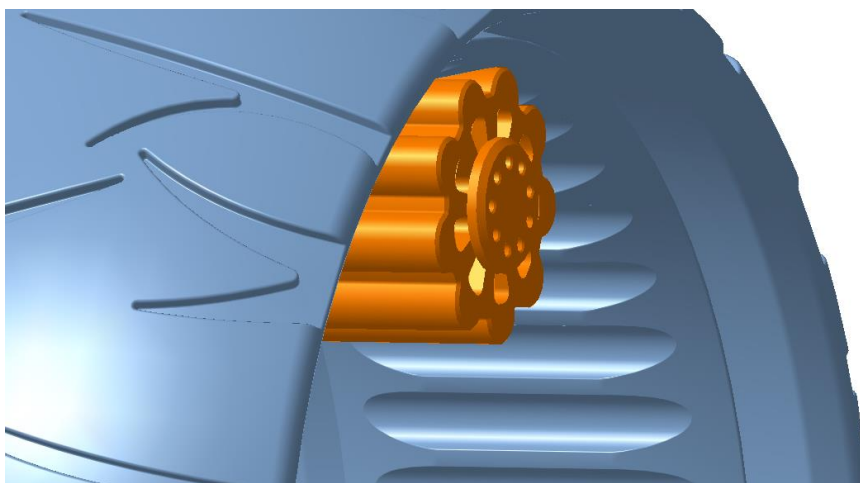


Figura 63. Sistema de transmissão.

O pinhão (engrenagem interna) irá girar somente até a velocidade máxima de rotações do motor elétrico (acoplado diretamente a ele), transferindo essa rotação em uma relação resultada do número de dentes da roda dividido pelo número de dentes da engrenagem menor.

12 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA

12.1 SUSPENSÃO PNEUMÁTICA

O preço de um kit completo de suspensão a ar custa de R\$2500 a R\$3500 reais. Já um kit mais simples sem o compressor custa de R\$1500 a R\$2500. A

diferença é que sem o compressor o cilindro não se enche de ar sozinho, e sendo assim o usuário tem que enchê-lo com ar.

O sistema de suspensão a ar proporciona uma maior suavidade para o veículo. Problemas de dirigibilidade causados por cargas pesadas ou mal distribuídas podem ser rapidamente corrigidos simplesmente adicionando-se ou retirando-se o ar do sistema, podendo ser controlado de dentro do veículo, inclusive em movimento.



Figura 64. Compressor de ar VIAIR 480C – 200psi.

Com o valor de R\$ 1.275,00, o compressor de Ar 12 Volt 480C possui aletas horizontais e um design trapezoidal no cabeçote para dissipar calor e mangueira de aço inoxidável. O tempo de preenchimento para o tanque de 5 Galões (18,93 litros):

- 0 a 145 PSI - 7 min e 20 seg.
- 110 a 145 PSI - 2 min e 25 seg.
- 0 a 200 PSI - 13 min e 25 seg.
- 165 a 200 PSI - 3 min e 39 seg.



Figura 65. Cilindro de alumínio anodizado 18,93 litros.

12.2 MOTOR ELÉTRICO AUTOMOTIVO

Os carros elétricos podem utilizar motores CA (corrente alternada) e CC (corrente contínua). Se for um motor CC, ele deve funcionar na faixa de 96 a 192 volts. Muitos dos motores DC utilizados nos carros elétricos vêm da indústria de empilhadeiras elétricas. Se for um motor CA, ele é provavelmente um CA trifásico, que funciona a 240 volts com um conjunto de baterias de 300 volts.

As instalações CC tendem a ser mais simples e menos caras. Um motor típico estará na faixa de 20 a 30 mil watts (por exemplo, um regulador de 96 volts entregará um máximo de 400 ou 600 ampères). Os motores CC têm a boa característica de poderem operar com sobrecarga (até um fator de 10 para 1) durante curtos períodos de tempo. Por exemplo, um motor de 20 mil watts aceitará 100 mil watts por um curto período e produzirá 5 vezes mais potência que a nominal. Isso é um ótimo aspecto para acelerações rápidas e momentâneas. A única limitação é o aquecimento do motor. Se for utilizado demais nessa condição, ele aquecerá a um ponto em que se autodestruirá.

As instalações CA permitem o uso de quase todo o tipo de motor CA trifásico. Isso possibilita encontrar mais facilmente um motor com o tamanho, forma ou potência nominal desejados. Os motores e os reguladores CA geralmente têm uma característica regenerativa. Durante a frenagem, o motor se transforma em um gerador e devolve energia para as baterias.

O fator mais importante para a escolha do motor elétrico é o tamanho dele, que pelo fato do tamanho do compartimento do motor no Cricket só comportar motores de até 17 cm de diâmetro. Sendo assim seria possível a escolha de um motor CC com 40 HP de pico e preço de R\$ 4000.00. Com um motor para cada roda a potência seria de 120 HP de pico.

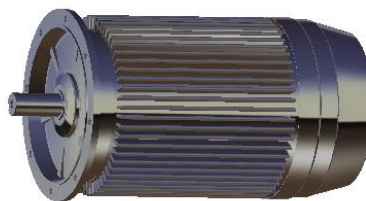


Figura 66. Motor elétrico CC.

12.3 BATERIAS ELÉTRICAS

Até agora, o ponto fraco dos carros elétricos são as baterias. Importantes problemas com a tecnologia atual das baterias chumbo-ácido: são pesadas (um conjunto de bateria chumbo-ácido normal pesa cerca de 500 kg ou mais); são volumosas; têm capacidade limitada (um conjunto típico de baterias chumbo-ácido armazena 12 a 15 kilowatt/hora de eletricidade, proporcionando ao carro uma autonomia de apenas 80 quilômetros em média); demoram para recarregar (o período para recarga completa de um conjunto de baterias chumbo-ácido vai de 4 a 10 horas, dependendo da tecnologia e do carregador usados); têm vida curta (3 ou 4 anos, talvez a 200 ciclos de carga/descarga); são caras (aproximadamente 6 mil reais para um conjunto de 50 baterias chumbo-ácido).

As baterias chumbo-ácido podem ser substituídas por baterias de níquel-hidreto metálico (NiMH). A autonomia do carro dobra e as baterias duram 10 anos (milhares de ciclos de carga/descarga). No entanto, o custo dessas baterias é 10 a 15 vezes maior do que o custo das baterias de chumbo-ácido. Em outras palavras, um conjunto de baterias níquel-hidreto metálico custará de R\$ 40 mil a R\$ 60 mil em vez de R\$ 6 mil. Os preços das baterias mais eficientes caem à medida que elas são mais vendidas. Então, nos próximos anos é possível que pacotes de baterias níquel-hidreto metálico e lítio-íon se tornem competitivos com os preços das baterias chumbo-ácido. A partir de então, os carros elétricos vão possuir uma autonomia cada vez maior.

Ao examinar os problemas associados com as baterias, surge uma nova perspectiva de análise em relação à gasolina. Dez litros de gasolina pesam cerca de 7,5 kg, custam em torno de R\$ 35 e necessitam de 30 segundos para serem

colocadas no tanque. São equivalentes a 500 kg de baterias de chumbo-ácido, que custam R\$ 6 mil e levam 4 horas para recarregar.

Os problemas com a tecnologia das baterias explicam porque atualmente há tanta expectativa em torno das células a combustível. Se comparadas com baterias, as células são menores, muito mais leves e de recarga instantânea. Quando alimentadas por hidrogênio puro, não apresentam nenhum dos problemas ambientais associados à gasolina. É muito provável que o carro do futuro venha a ser um carro elétrico que usará eletricidade das células a combustível. Mas ainda é necessário muita pesquisa e desenvolvimento para que as células a combustível se tornem confiáveis e baratas para movimentar automóveis.

Os carros elétricos possuem outra bateria presente, a bateria chumbo-ácido de 12 volts que os carros comuns têm. Essa bateria fornece energia para os acessórios como faróis, rádio, ventiladores, computadores, *airbags*, limpadores de para-brisa, vidros elétricos e instrumentos dentro do carro. Do ponto de vista econômico, o carro elétrico também deve usar esses aparelhos, já que estão prontamente disponíveis e são padronizados em 12 volts.

Desta forma, um carro elétrico tem uma bateria chumbo-ácido de 12 volts para alimentar todos os acessórios. Para mantê-la carregada, o carro elétrico precisa de um conversor CC-CC. Este equipamento recebe a energia CC do painel principal de baterias (por exemplo a 300 volts CC) e converte-a para 12 volts, a fim de recarregar a bateria dos acessórios. Quando o carro está ligado, os acessórios usam a força do conversor CC-CC. Quando o veículo está desligado, usam a força da bateria de 12 volts, como em qualquer carro a gasolina.

12.4 POSSÍVEIS MATERIAIS DE FABRICAÇÃO DA CARROCERIA MONOBLOCO

Um automóvel pode ser constituído por um chassi aparafusado a uma carroceria ou por um chassi e uma carroceria formando uma unidade.

O conjunto chassi carroceria, normalmente designado por construção monobloco, é a forma mais generalizada. A principal vantagem deste tipo de construção reside no fato de permitir obter carrocerias mais leves. A construção monobloco apresenta três variantes: totalmente monobloco de armação interior, semi monobloco e monobloco com subestruturas.

A estrutura totalmente monobloco é constituída por peças prensadas soldadas entre si, é muito indicada para automóveis de pequenas e médias dimensões. A sua resistência à flexão resulta, em parte, das longarinas horizontais existentes ao longo das bordas exteriores do piso, entre as rodas da frente e as de trás. Nos automóveis de motor dianteiro e de tração traseira, a resistência é aumentada pelo túnel do eixo de transmissão existente ao longo do piso, sob este em alguns modelos são acrescentados reforços. O teto reforça o conjunto por meio das colunas de apoio e painéis laterais que o unem ao piso. A resistência à torção é proporcionada sobretudo pelos anteparos, estruturas reforçadas existentes à frente e atrás do compartimento destinado ao motorista e aos passageiros, e também, em parte, pelo conjunto formado pelos para-lamas e teto unidos pelas colunas dos para-brisas e laterais.

Uma estrutura totalmente monobloco tem suas desvantagens, particularmente quanto ao custo de fabricação. Exige investimentos consideráveis em complexa maquinaria de estampagem, que serão apenas justificáveis no caso de uma produção em grande escala. Como neste tipo de construção os painéis fazem parte do conjunto, a reparação dos danos causados por um acidente pode torna-se muito dispendiosa. Toda uma seção da carroceria pode ter de ser cortada e substituída por uma seção muito maior que a danificada.

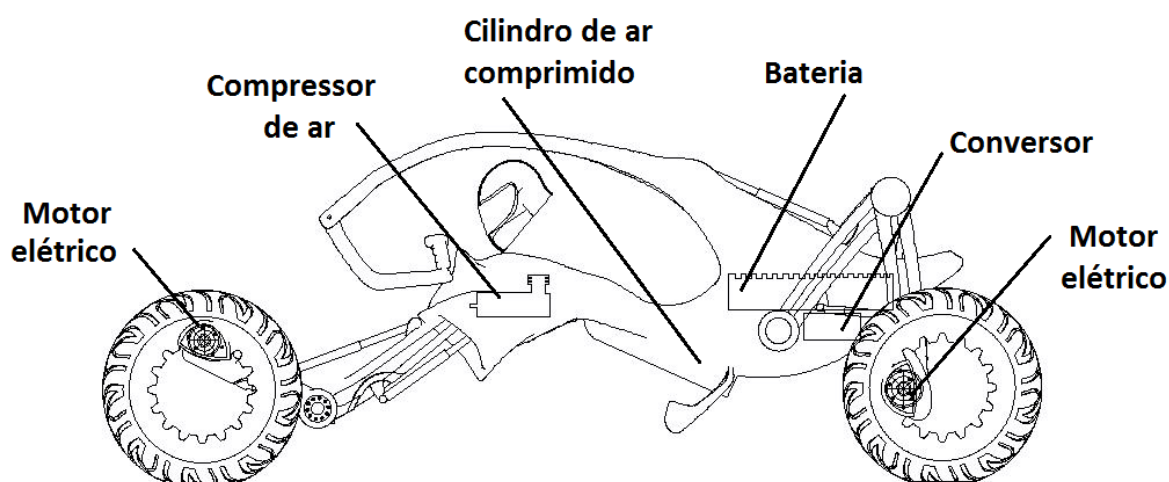


Figura 67. Package.

É viável produzir a carroceria monobloco do Cricket inteiramente em alumínio, ou aço, com chapas estampadas. Outra opção seria uma carroceria híbrida em alumínio e posteriormente fibra de carbono, aumentando assim a sua resistência. A colocação do cilindro abaixo do túnel central ajudaria também a reforçar essa área onde o piloto está sentado, na qual há concentração de tensão por causa de sua menor seção transversal e pelos carregamentos nas extremidades.

13 CONSTRUÇÃO DO MODELO FÍSICO

Para a confecção do modelo físico em escala reduzida de 6% do tamanho real, foi utilizada uma impressora 3D com precisão de 0,2 mm. Foram impressas 32 peças separadas para a montagem final.

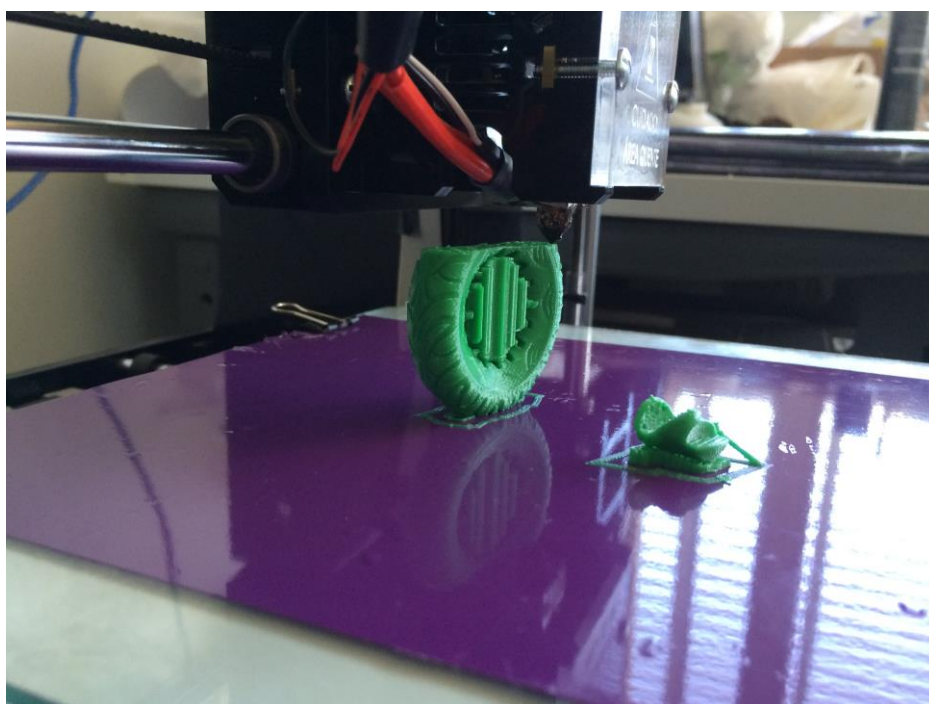


Figura 68. Impressão da roda.

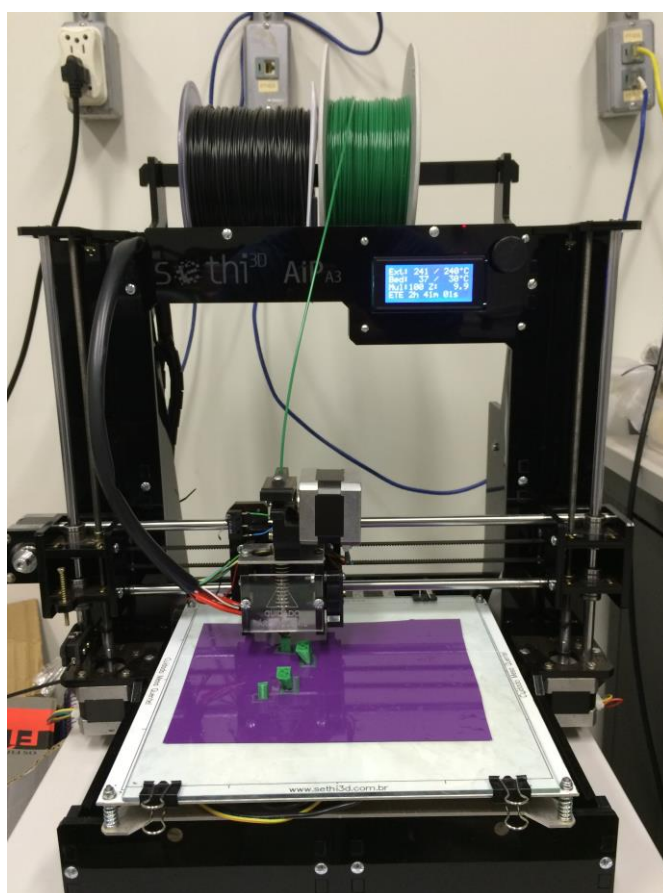


Figura 69. Impressão da carenagem em pé.

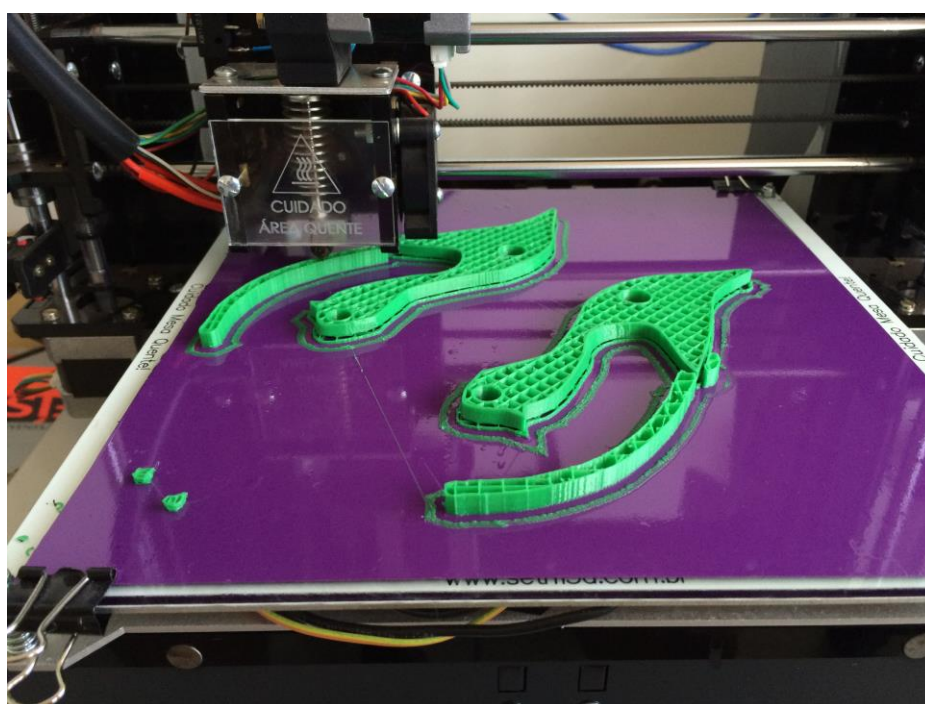


Figura 70. Impressão da carenagem deitada.

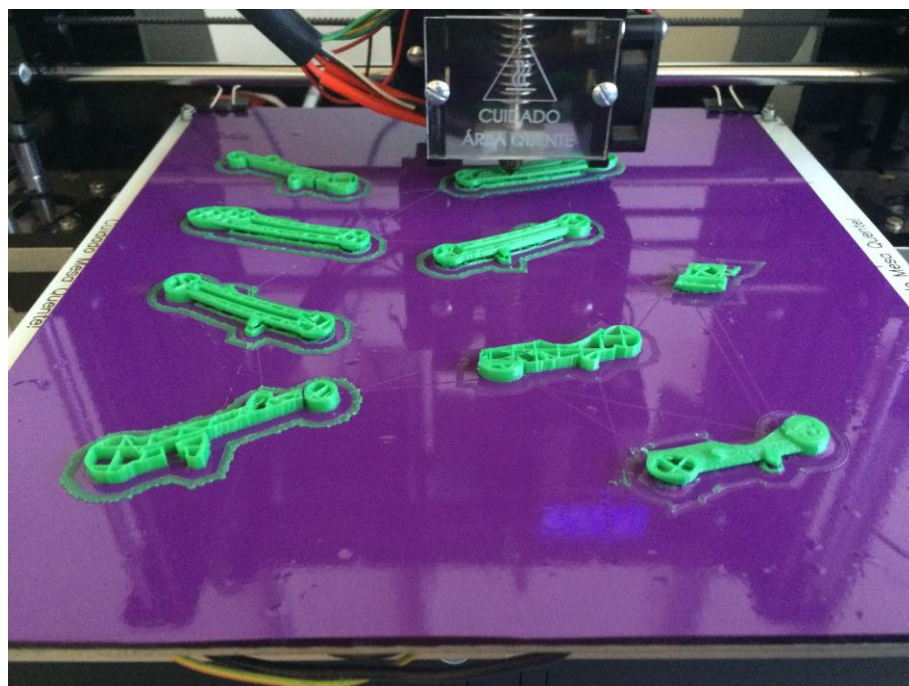


Figura 71. Impressão dos braços da suspensão e bandeja.

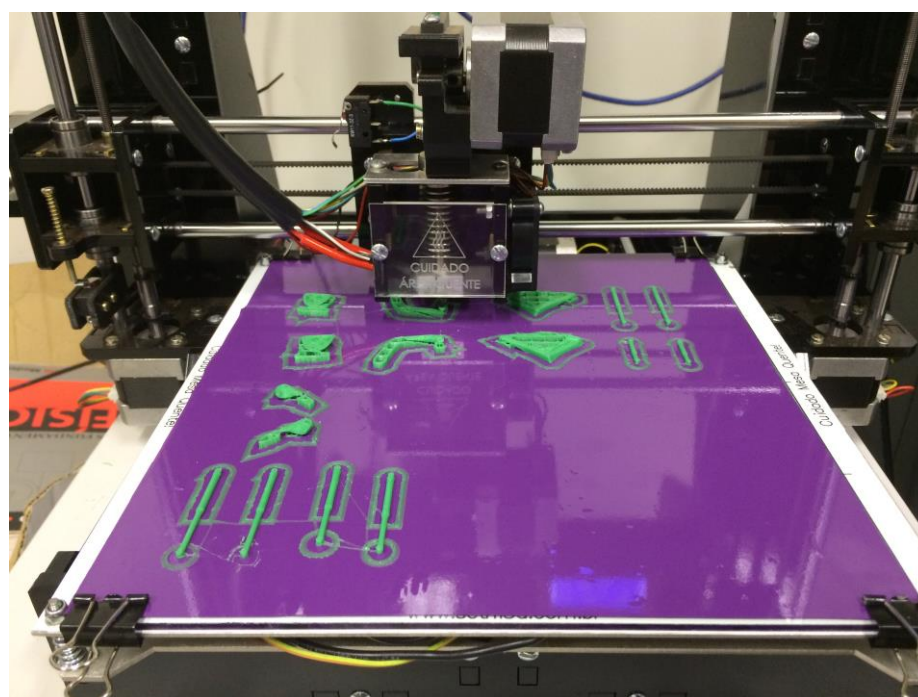


Figura 72. Impressão dos cilindros pneumáticos, manche, pedal, bandeja e carenagem da susp.



Figura 73. Modelo impresso – vista lateral.



Figura 74. Modelo impresso – vista isométrica.



Figura 75. Modelo impresso com os cilindros – vista lateral.

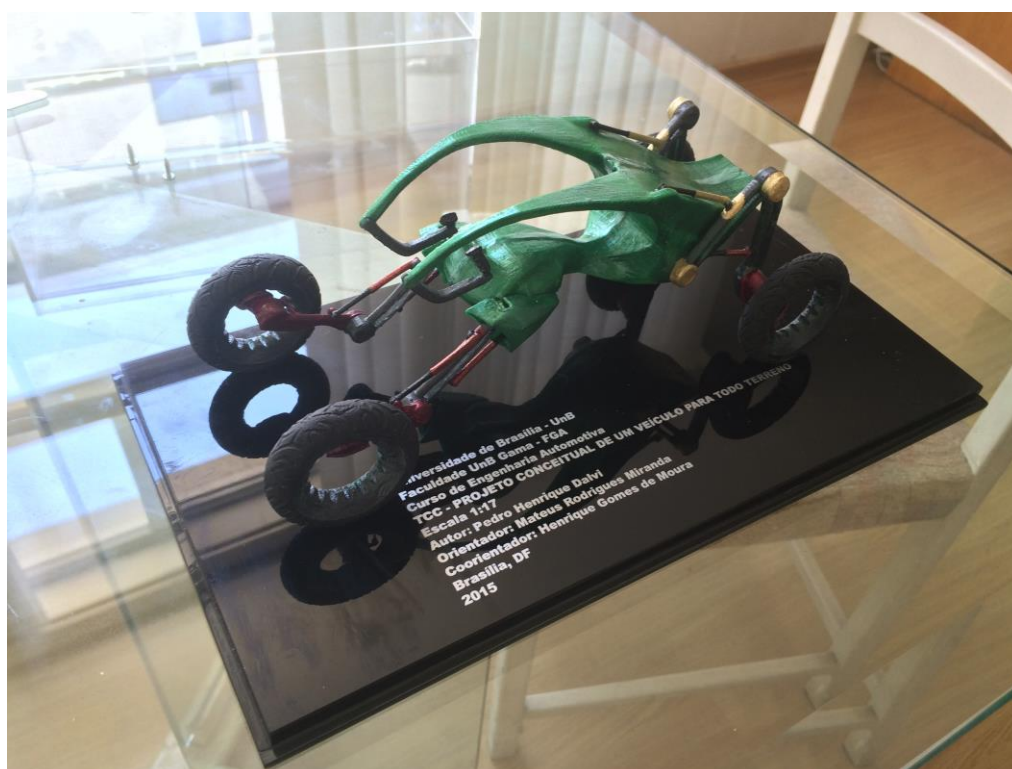


Figura 76. Modelo impresso e pintado na redoma aberta.



Figura 77. Modelo impresso e pintado na redoma fechada.

14 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo principal o projeto conceitual de um veículo para todo terreno que possibilitasse mais conectividade com o piloto, sendo possível um maior controle do funcionamento da suspensão, sendo possível vencer de forma mais eficiente e prazerosa os desafios submetidos aos ATVs.

Primeiramente buscou-se familiarizar-se com o tema proposto pelo projeto, onde contextualizar e entender assuntos como o design, projeto conceitual, design automotivo e principalmente através das pesquisas bibliográficas em livros, revistas e sites onde trouxeram elementos e dados de suma importância que permitiram solucionar os objetivos propostos pelo trabalho.

A metodologia que possibilitou a continuidade do trabalho foi escolhida pelo fato que permite a construção das fases do projeto. MD3E (Método de Desdobramento em 3 Etapas) é a metodologia proposta por Flávio Anthero Vianna dos Santos, que divide o projeto em 3 etapas básicas: Pré-concepção onde envolve as fases de planejamento, análise e atributos. Etapa de Concepção que envolve as

fases de caminhos criativos, geração de alternativas e seleção/adequação. E finalmente a etapa de pós-concepção onde devido às necessidades do projeto não foi preciso desenvolver.

Através das análises dos veículos similares foi possível levantar características relevantes para que fossem feitas o estudo das necessidades do usuário e requisitos do projeto definidos por metodologias de análise e gestão.

As etapas iniciais do projeto conceitual foram alcançadas mostrando-se viável em aspectos físicos e ergonômicos de acordo com a proposição inicial do projeto, através das análises e gestão de projetos, foram levantados requisitos para que o projeto fosse definido.

O desenvolvimento deste projeto passou pelas etapas de pesquisa, geração de alternativas, modelagem 3D com auxílio de softwares específicos, análise de ergonomia, análise de viabilidade, entre outros que possibilitaram gerar grande conhecimento e consequentemente desenvolvimento de habilidades para o engenheiro automotivo.

O resultado do veículo conceitual baseado na biônica do grilo foi positivo, sendo uma proposta inovadora e que possui a real possibilidade de se concretizar. Deste modo, viabiliza as etapas de trabalhos futuros que pode ser dividido em subsistemas por equipes como: *powertrain*, suspensão, estrutura e eletrônica para que a partir deste trabalho de conclusão de curso sejam feitos testes e validação do veículo conceitual a fim de continuar a fase do MD3E, a pós-concepção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK et al., 2008. Back, Nelson; Ogliari, André; Dias, Acires; Silva, Jonny C.. **Projeto integrado de produtos**. Barueri, SP: Manole, 2008.

BARBIERI, F. A. A., NETO, A. C. (2002), “**Prototipagem Virtual: Modelagem e Controle de Dinâmica Veicular**”, SAE Brasil, Anais do 11o Congresso e Exposição Internacionais da Tecnologia da Mobilidade, São Paulo, SP, Brasil, 12 p.

BAXTER, 2000. Baxter, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

BÜRDEK, Bernhard E. **Design: História, Teoria e Prática do Design de Produtos**. São Paulo: Terphane, 2006. 496 p.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

CAN-AM, 2015. Can-am renegade x xc. **Especificações técnicas**. Disponível em: <<http://br.brp.com/off-road/atv/renegade-x-xc.html>> Acessado em 29 de maio de 2015.

GILLESPIE, T.D. **Fundamentals of Vehicle Dynamics**. USA: SAE - Inc. 1992.

HONDA, 2015. Honda TRX 420 Fourtrax. **Especificações técnicas**. Disponível em: <<http://www.honda.com.br/motos/Paginas/trx-420-fourtrax.aspx>>. Acessado em 28 de maio de 2015.

JAZAR, Reza N. **Vehicle Dynamics: Theory and Application**. 1ª ed. Riverdale: Springer, 2008.

LARICA, Neville Jordan. **Design de Transportes: Arte em função da Mobilidade**. Rio de Janeiro: 2 AB/ PUC-RIO, 2006. 216 p.

Nicolazzi, L.C., Rosa, E. da, Leal, L.C.M. **Introdução à modelagem quase-estática de veículos automotores de rodas**. Brasil: Publicação interna do GRANTE - Depto de Engenharia Mecânica da UFSC. 2001.

O'CONNOR, Patrick D. T. **Test Engineering: A Concise Guide to Cost-effective Design, Development and Manufacture**. Stevenage, UK, 2005.

PERSEGUIM, Odilon T. **Dinâmica veicular relativa ao ride de veículos e métricas para a sua avaliação**. São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2006 (Tese Doutorado em Engenharia Mecânica), 221 p. São Paulo, 2005, Universidade de São Paulo.

POLARIS, 2015. Polaris Sportsman 570 EFI. **Especificações técnicas**. Disponível em: <<http://www.polarisbrasil.com.br/?pagina=modelo&modelo=sportsman-570-efi&m=fotos>>. Acessado em 28 de maio de 2015.

SANTOS, Flávio Anthero Vianna dos. **MD3E: uma proposta de método aberto de projeto para uso no design industrial**. 2005. 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

TODESKINI, José Carlos. **Biônica**: Uma proposta de re-design conceitual do trator BX 6110. 2008. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharel em Design) □ Universidade do Oeste de Santa Catarina □ Unoesc, Xanxerê, 2008.

YAMAHA, 2015. Yamaha YFM 700R. **Especificações técnicas**. Disponível em: <<http://www.yamaha-motor.com.br/quadriciclos/yfm-700r/a>>. Acessado em 28 de maio de 2015.

APÊNDICE

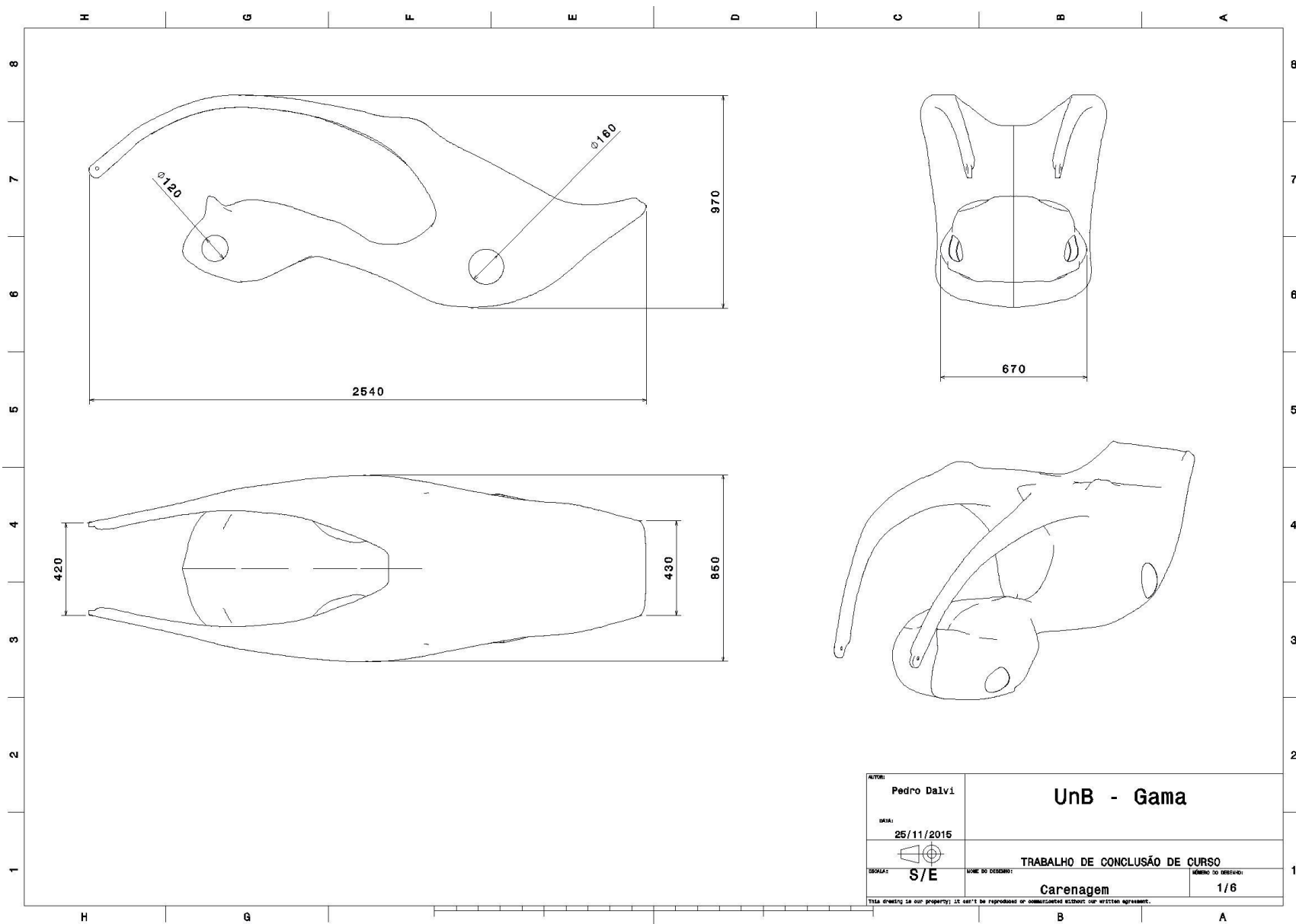
APÊNDICE A: *Renderings* e desenhos técnicos do Cricket.

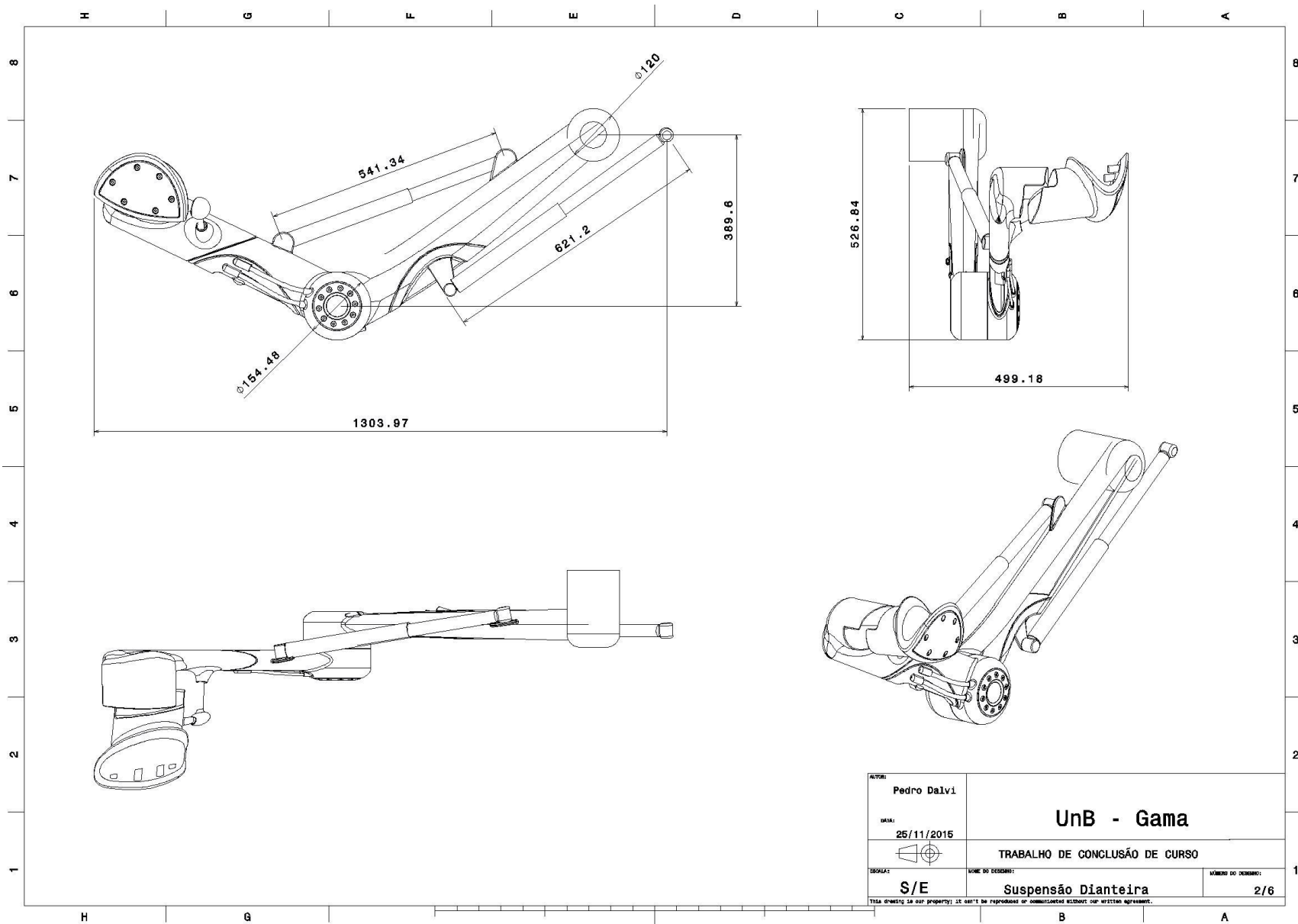
Realizados pelo autor.

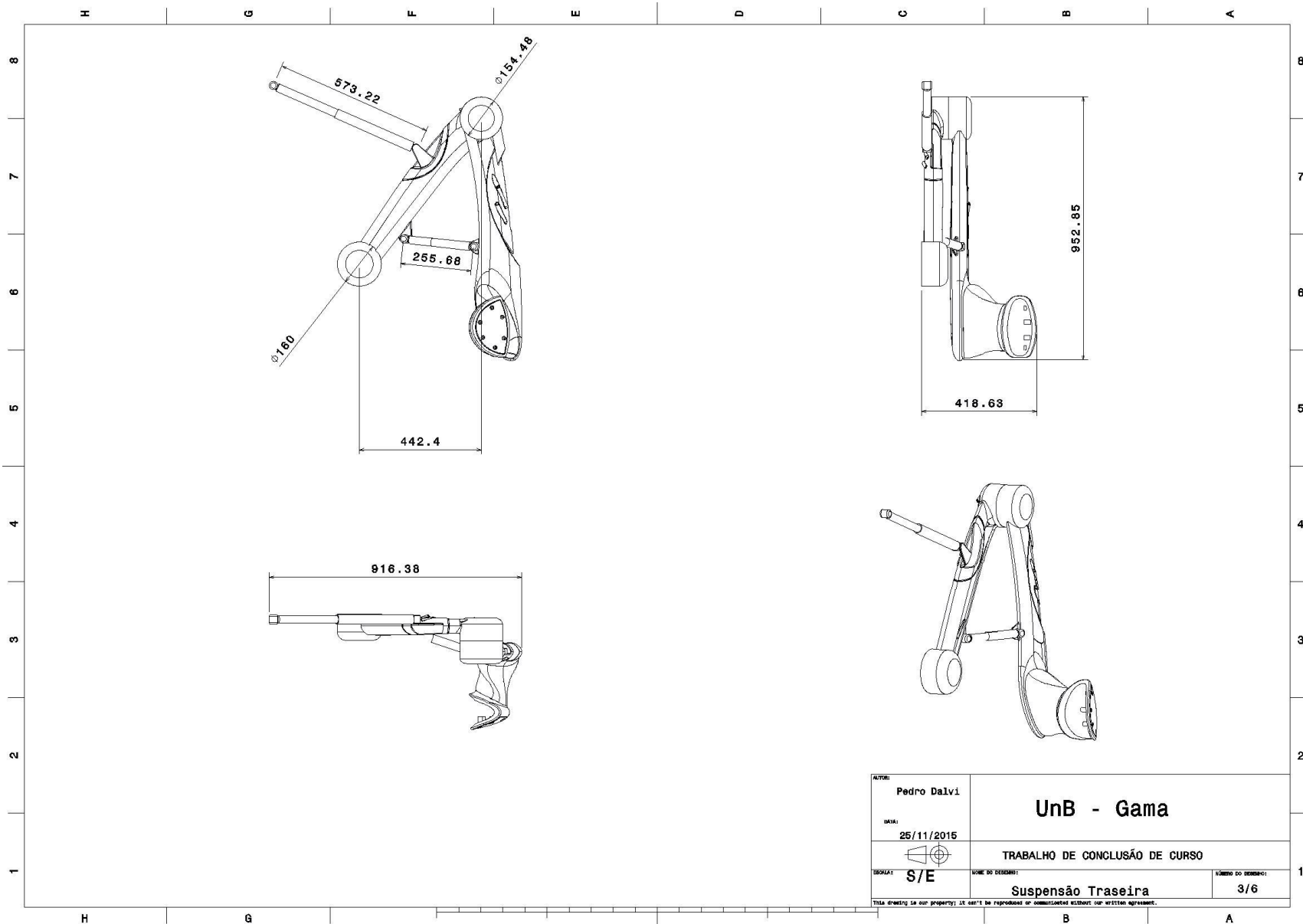


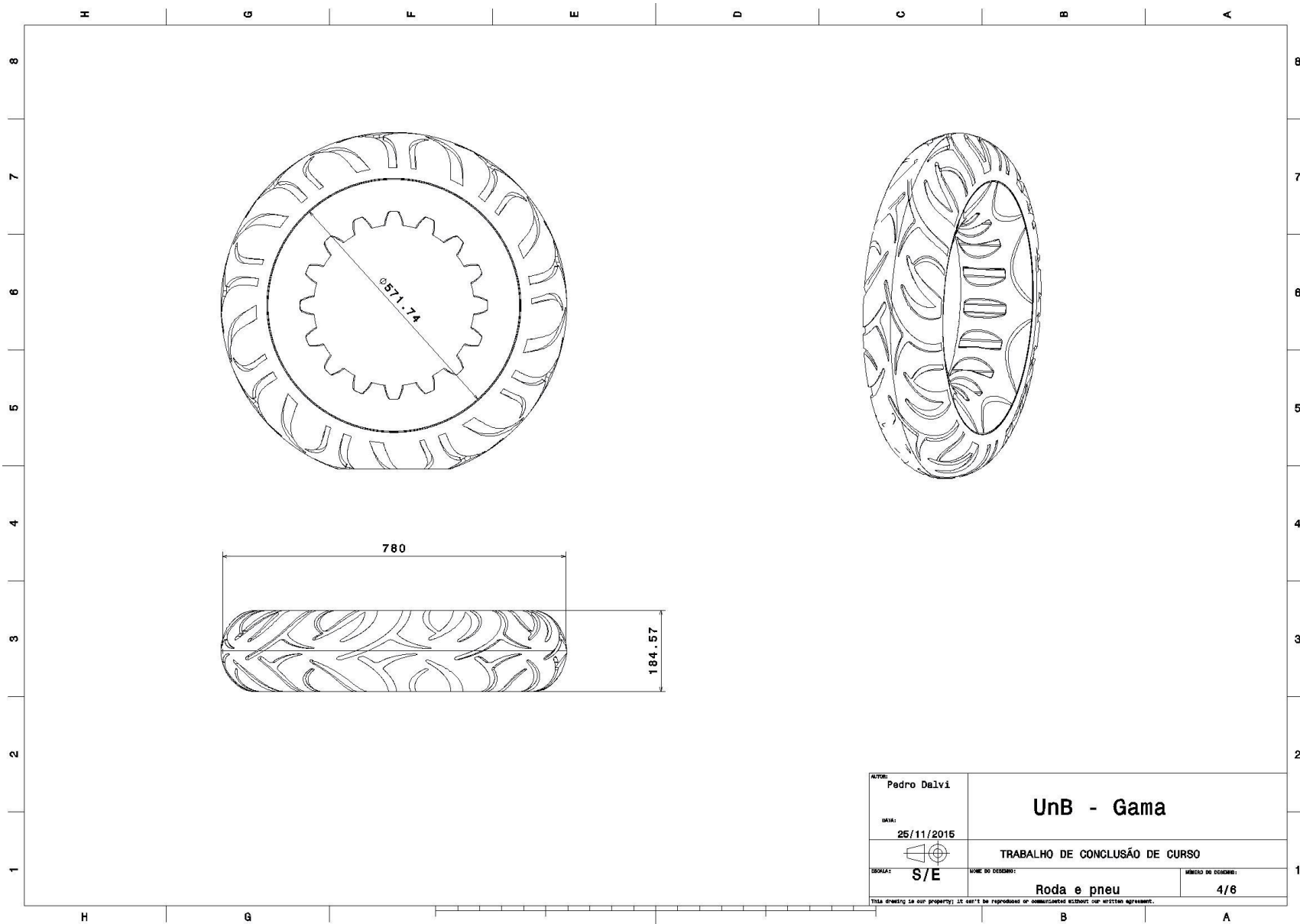






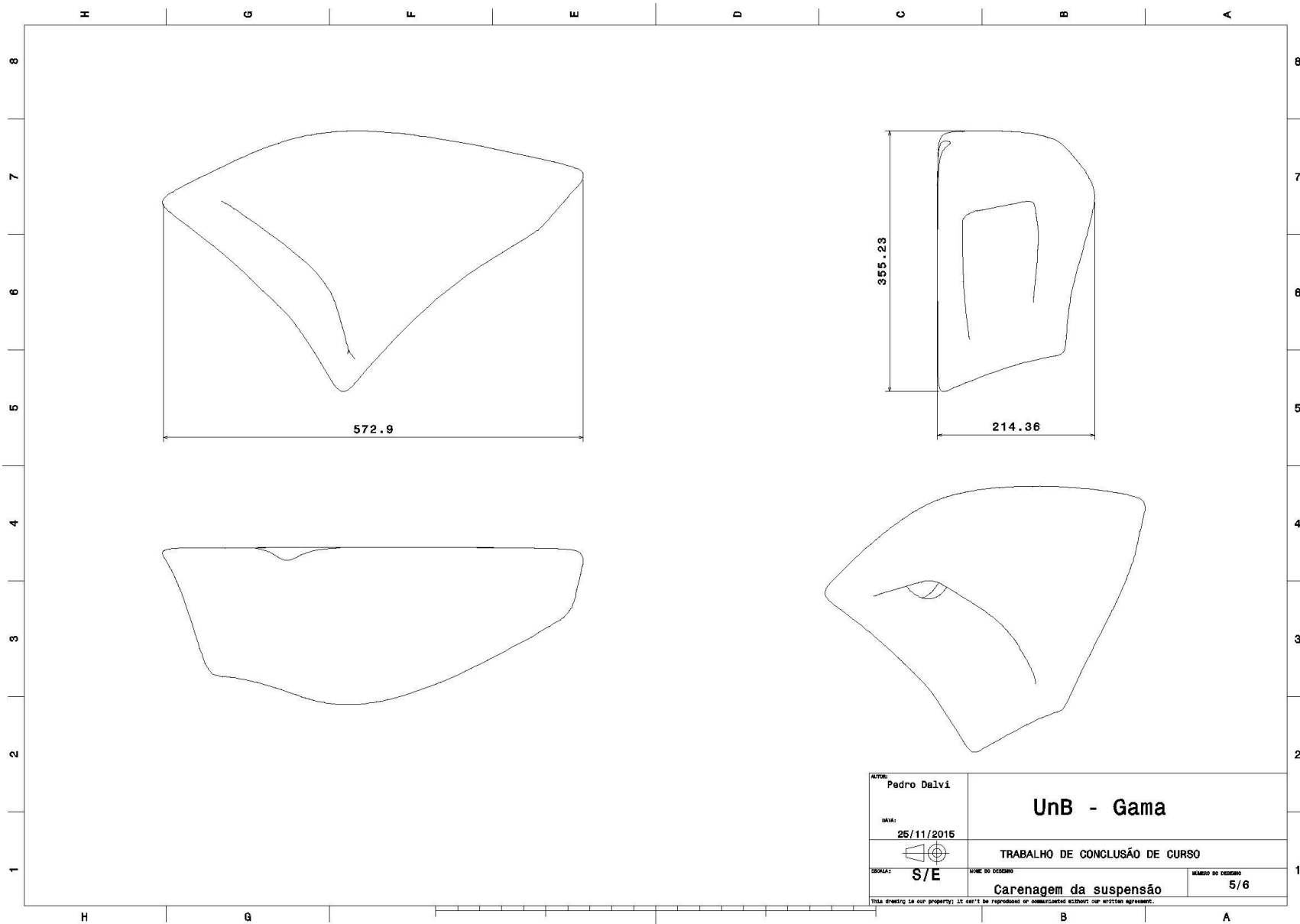


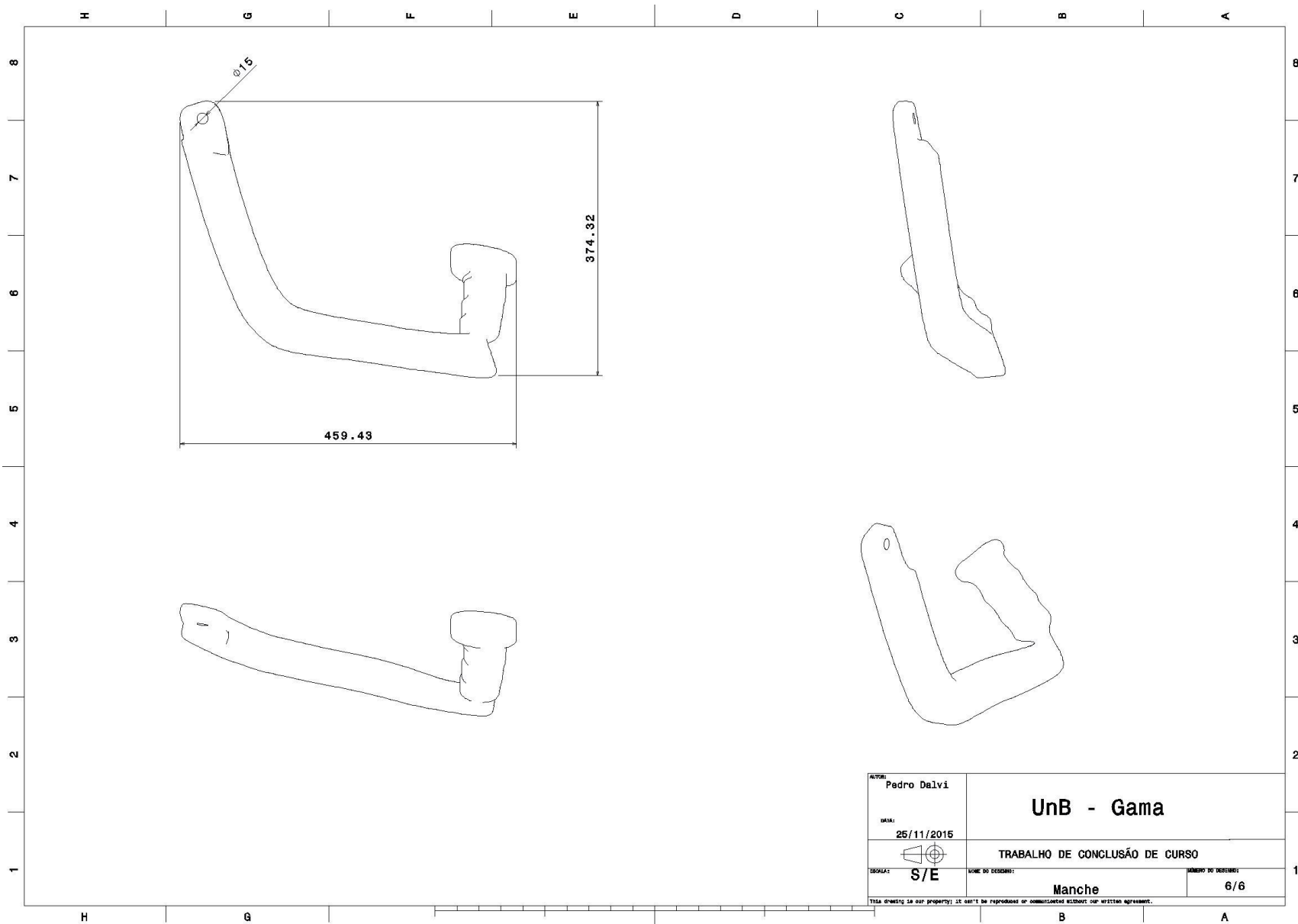




AUTOR: Pedro Dalvi		UnB - Gama	
DATA: 25/11/2015			
TÍTULO: S/E		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
		Roda e pneu	
		4/6	

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.





ANEXOS

ANEXO A: Especificações técnicas do Honda TRX 420 FourTrax.

Compiladas a partir de <https://www7.honda.com.br/fourtrax/specs.php>.
Acessado em 28 de maio de 2015.

Motor

Tipo: OHV, monocilíndrico, 4 tempos, refrigeração líquida

Cilindrada: 420,2 cc

Diâmetro x Curso: 86,5 x 71,5 mm

Relação de Compressão: 9.9 : 1

Potência Máxima: 26,9 cv a 6.250 rpm

Torque Máximo: 3,4 kgf.m a 5.000 rpm

Sistema Alimentação: Injeção eletrônica PGM-FI

Sistema de Partida: Elétrico

Combustível: Gasolina

Chassi

Tipo: Berço duplo

Sistema de transmissão

Transmissão: 5 velocidades com reverso

Tração: FM: 4 x 4 / TM: 4 x 2

Suspensão

Suspensão Dianteira/Curso: Tipo Bifurcação dupla / 170 mm

Suspensão Traseira/Curso: Tipo "Trailing" / 170 mm

Freios

Freio Dianteiro/Diâmetro: A disco / 190 mm

Freio Traseiro / Diâmetro: A tambor / 160mm

Pneus/rodas

Pneu Dianteiro: AT 24 X 8 - 12 (sem câmara)

Pneu Traseiro: AT 24 X 10 - 11 (sem câmara)

Dimensões

Comprimento x Largura x Altura: FM: 2.103 x 1.205x 1.174 mm / TM: 2.103 x 1.205 x 1.174 mm

Distância entre Eixos: FM: 1.268 mm / TM: 1.268 mm

Distância Mínima do Solo: 183 mm

Altura do Assento: FM: 856 mm / TM: 856 mm

Capacidade

Tanque de Combustível: 14,4 litros

Óleo do Motor: 3,3 litros

Peso Seco: FM: 263 kg / TM: 247 kg

Adicionais

Ignição: Eletrônica

Bateria: 12V - 12 Ah

Farol (alto/baixo): 35 / 35W (2x)

Preço

TM: R\$22.100,00 (versão4x2)*

FM: R\$ 24.600,00 (versão 4x4)*

*O valor acima refere-se ao preço público sugerido, base São Paulo, para pagamento à vista, e não inclui despesas com frete e seguro.

ANEXO B: Especificações técnicas do Yamaha YFM 700R.

Compiladas a partir de <http://www.yamaha-motor.com.br/quadriciclos/yfm-700r/a>. Acessado em 28 de maio de 2015.

Motor

Tipo: 4 tempos, OHC, 4 válvulas, monocilíndrico

Cilindrada: 686 cc

Diâmetro x Curso: 102 x 84 mm

Relação de Compressão: 9,2:1

Potência Máxima: 50 cv

Torque Máximo: -

Sistema Alimentação: Injeção eletrônica

Sistema de Partida: Elétrico

Combustível: Gasolina

Chassi

Tipo/Material: Berço duplo/Alumínio e aço

Sistema de transmissão

Transmissão: 5 velocidades com reverso

Transmissão secundário: por corrente

Tração: Rodas traseiras

Suspensão

Suspensão Dianteira/Curso: Trapézio duplo independente/ 230 mm

Suspensão Traseira/Curso: Monoamortecedor/ 256 mm

Freios

Freio Dianteiro/Diâmetro: Dois discos ventilados de acionamento hidráulico

Freio Traseiro / Diâmetro: Disco ventilado de acionamento hidráulico

Pneus/rodas

Pneu Dianteiro: 21 x 7-10

Pneu Traseiro: 20 x 10-9

Dimensões

Comprimento x Largura x Altura: 1.845 X 1.156 X 1.115 mm

Distância entre Eixos: 1.280 mm

Distância Mínima do Solo: -

Altura do Assento: 831 mm

Capacidade

Tanque de Combustível: 11 litros

Peso Seco: 192 kg

Preço

R\$ 28.052,00*

*<http://www.tabelafipebrasil.com/motos/YAMAHA/YFM-700R-686CC/Zero-KM-a-gasolina>

ANEXO C: Especificações técnicas do Polaris Sportsman 570 EFI.

Compiladas a partir de
<http://www.polarisbrasil.com.br/?pagina=modelo&modelo=sportsman-570-efi&m=ficha-tecnica>. Acessado em 28 de maio de 2015.

Motor

Tipo: 4 Tempos, monocilíndrico, DOHC (Duplo Comando de Válvulas no Cabeçote)

Cilindrada: 567 cc

Potência Máxima: 44 cv

Refrigeração: Líquido

Sistema Alimentação: Injeção eletrônica EFI

Sistema de Partida: Elétrico

Combustível: Gasolina

Chassi

Tipo/Material: -/Aço

Sistema de transmissão

Transmissão: PVT automático - P/ R/N/L/H

Tração: Real AWD/2WD sob demanda

Suspensão

Suspensão Dianteira/Curso: Suspensão MacPherson com curso de 8,2 (208 mm)

Suspensão Traseira/Curso: Independente, braço duplo (tipo A-Arm) com curso de 9,5 (241 mm)

Freios

Freio Dianteiro/Diâmetro: Disco hidráulico nas 4 rodas com acionamento no manete/-

Freio Traseiro / Diâmetro: Disco hidráulico com acionamento no pedal/-

Pneus/rodas

Pneu Dianteiro: 25 x 8-12

Pneu Traseiro: 25 x 10-12

Dimensões

Comprimento x Largura x Altura: 2.108 x 1.219 x 1.219 mm

Distância entre Eixos: 1.280 mm

Distância Mínima do Solo: 279 mm

Altura do Assento: 857 mm

Capacidade

Tanque de Combustível: 17 L

Capacidade de carga do bagageiro dianteiro/traseiro: 40,8 kg / 81,6 kg

Capacidade de reboque: 555,7 kg

Peso Seco: 318 kg

ADICIONAIS

Sistema de carga: Sistema Lock and Rider: travas que facilitam a instalação ou remoção de carga

Iluminação: Farol dianteiro duplo de 50W (baixo) no para-choque, farol dianteiro no guidão (alto), lanterna traseira e luz de freio

Instrumentos: Painel digital, velocímetro analógico, odômetro, tacômetro, odômetro parcial indicador de marcha, combustível e AWD. Luzes indicadoras de temperatura, saída de energia DC

Preço

R\$ 29.900

ANEXO D: Especificações técnicas do Can-am Renegade X xc.

Compiladas a partir de <http://br.brp.com/off-road/atv/renegade-x-xc.html>.
Acessado em 29 de maio de 2015.

Motor

Tipo: V-Twin, SOhC, 8 válvulas (4 válvulas/cil)

Cilindrada: 976 cc

Potência Máxima: 82 cv

Diâmetro e curso: 91 x 75 mm

Refrigeração: Líquido

Sistema Alimentação: Injeção eletrônica EFI

Sistema de Partida: Elétrico

Combustível: Gasolina

Chassi

Tipo: Tecnologia barra envolvente (SST) G2

Sistema de transmissão

Transmissão: CVT, subtransmissão com marcha normal, lenta, estacionamento, ponto morto e ré. Frenagem de motor padrão

Tração: Seleção de tração nas 2 ou 4 rodas acionada por eixo com diferencial dianteiro com bloqueio automático Visco-Lok

Suspensão

Suspensão Dianteira/Curso: Double A-arm with Fox HPG shocks/22.9 cm (9 pol.)

Suspensão Traseira/Curso: Torsional Trailing arm Independent (TTI) with Fox HPG shocks /23.6 cm (9.3 pol.)

Freios

Freio Dianteiro/Diâmetro: Dual 214 mm ventilated disc brakes with hydraulic twin-piston callipers

Freio Traseiro / Diâmetro: Dual 214 mm ventilated disc brakes with hydraulic twin-piston callipers

Pneus/rodas

Pneu Dianteiro: ITP Holeshot ATR 63.5 x 20.3 x 30.5 cm (25 x 8 x 12 pol.)/
Alumínio fundido

Pneu Traseiro: ITP Holeshot ATR 63.5 x 25.4 x 30.5 cm (25 x 10 x 12 pol.)/
Alumínio fundido

Dimensões

Comprimento x Largura x Altura: 2.184 x 1.168 x 1.143 mm

Distância entre Eixos: 1.295 mm

Distância Mínima do Solo: 267 mm

Altura do Assento: 877 mm

Capacidade

Tanque de Combustível: 20.5L

Capacidade de carga do bagageiro: 16 kg

Capacidade de reboque: 590 kg

Peso Seco: 312 kg (687 lb.)

ADICIONAIS

Instrumentação: Mostrador multifunção: Speedometer, tachometer, odometer, trip and hour meters, fuel, gear position, 4x4 indicator, diagnostics, clock, auto shut-off

Sistema antifurto: Sistema de segurança com codificação digital (D.E.S.S.™)

Sistema elétrico: Pré-cabeado para guincho

Iluminação: 4 fender mounted projector beam headlamps (60 W) with taillight/brake light

Tomada cc: Tipo acendedor de cigarros no painel e conector padrão na traseira (15 A)

Pisca-alerta: Horn

Opções de pacotes:

- Front and rear Fox Podium† Performance RC2 HPG piggyback shocks

- Tri-mode Dynamic Power Steering (DPS™)
- Visco-Lok QE
- 30,5 cm (12 pol.) cast-aluminum beadlock wheels
- Chapa de derrapagem de alumínio
- Guidão de alumínio taper-profile com defletores de vento e enchimento ajustável
- Imã de 625 W

Preço

R\$ 61.990